

Mikko Sipola

JÄTELOGISTIIKAN SIMULOINTI SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

JÄTELOGISTIIKAN SIMULOINTI SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Mikko Sipola
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotanto ja logistiikka

Tekijä: Mikko Sipola

Opinnäytetyön nimi: Jätelogistiikan simulointi sairaalaympäristössä

Työn ohjaajat: Lasse Pesonen (OAMK), Tuija Juntunen (OAMK), Kari-Pekka Tampio (PPSHP)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 52 + 5 liitettä

Työn aiheena oli Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien logistiikan nykytilan mallintaminen tietokoneavusteisella simulatiolla. Tavoitteena oli rakentaa nykytilaa visuaalisesti ja tuloksellisesti vastaava simulointimalli.

Simulointimalli tehtiin Incontrols Simulation Solutionsin kehittämällä Enterprise Dynamics -ohjelmistolla. Mallista saatuja tuloksia verrattiin Oulun ammattikorkeakoulu Oy:n opiskelijoiden tekemään OYS:n polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien logistiikan nykytilan selvityksen tuloksiin. Simulointimallin avulla etsittiin logistiikassa syntyvien pullonkaulojen paikat ja analysoitiin simuloinnin käytettävyyttä sairaalaympäristössä.

Työn tuloksena valmistui OYS:n nykytilaa visuaalisesti ja tuloksellisesti vastaava simulointimalli, joka kuvasi OYS:n jätelogistiikassa syntyvän pullonkaulan. Havaittiin, että suurin pullonkaula logistisilla reiteillä oli keskuspesula ja sen toimintamalli. Työn aikana selvisi, että simulointimallinnuksen suunnittelulla ja sen lähtötietojen keräyksellä oli suuri merkitys mallinnuksen onnistumisen kannalta. OYS:n logistiikkaa visuaalisesti kuvaavana työkaluna simuloinnin havaittiin olevan simulointiresursseja tuhlaava ja sen sopivan paremmin tuloksiin perustuvaksi työkaluksi resurssitarpeiden suunnittelussa.

Asiasanat:
simulointi, mallinnus, logistiikka, analysointi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering, Production and Logistics

Author: Mikko Sipola

Title of thesis: Computer Based Simulation of Waste Logistics in Hospital Environment

Supervisors: Lasse Pesonen (OAMK), Tuija Juntunen (OAMK), Kari-Pekka Tampio (PPSHP)

Term and year when the thesis was submitted: spring 2014 Pages: 52 + 5 appendices

The subject of this Bachelor's thesis was the current state modeling of waste logistics with computer based simulation for Oulu University Hospital (OYS). The simulation tool used in this thesis was Enterprise Dynamics simulation program developed by Incontrol Simulation Solutions.

The object was to model a realistic and visually similar simulation model of OYS's waste logistics current state. In addition, another object was to find if there were any bottlenecks in the current waste logistics by using simulation and to analyze the usability of simulation modeling in a hospital environment.

During the work, a simulation model corresponding to OYS's current waste logistics was modeled. The model was visually realistic and its results were corresponding to the results of the current state of OYS's waste logistics. As a visual tool in hospital environment, simulation modeling was found to be time -consuming and it is preferred to be used in resources planning.

Keywords:
simulation, modeling, logistics, analyze

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
MERKKIEN SELITYKSET	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn lähtökohdat	9
1.2 Työn tavoitteet, tehtäväalue ja rajaus	9
2 OULUN YLIOPISTOLLINEN SAIRAALA	10
3 SIMULOINTI	11
3.1 Yleistä	11
3.2 Järjestelmä, järjestelmäympäristö ja rajaus	11
3.3 Simulointityökalut	12
3.4 Työssä käytettävä simulointiohjelma	13
3.5 Sovelluskohteet	13
3.6 Vahvuudet ja heikkoudet	14
3.7 Simulointitutkimus	15
3.8 Simulointiprosessin kulku	16
3.9 Ongelman määrittely	16
3.9.1 Ongelma, simuloinnin tavoitteet ja laajuus	16
3.9.2 Lähtötietojen keräys	18
3.9.3 Määrittelyn päätös	19
3.10 Mallin rakentaminen	19
3.10.1 Mallinnus	20
3.10.2 Dokumentointi	20
3.10.3 Simulointimallin oikeellisuus	21
3.11 Simuloinnin toteutus ja tulosten analysointi	22
3.12 Simulointiprosessin päättäminen	23
4 NYKYTILAN SELVITYS OULUN YLIOPISTOLLISESSA SAIRAALASSA	24
4.1 Opinnäytetyöhön vaikuttavat tutkimukset	24
4.2 Osastot	24

4.2.1 Logistiset reitit	25
4.2.2 Ajat	25
4.2.3 Massat	26
4.3 Reittien työjärjestys	26
5 TYÖN SIMULOINTIMALLINNUS	27
5.1 Ongelman määrittely ja tavoitteiden asettaminen	27
5.2 Mallin laajuuden määrittely ja raja	27
5.3 Tiedon keräys ja analysointi	28
5.4 Rakenteen kuvaus	29
6 TYÖN SIMULOINTIMALLI	31
6.1 Rakenne	31
6.2 Perustuksen luominen	31
6.3 Kirurgian rakennusosa	32
6.3.1 Yhteispäivystys	33
6.3.2 Osastot 3 ja 7	34
6.3.3 Tuotteiden kuljetus ja purku	35
6.4 Naistentautien rakennusosa	37
6.4.1 Synnytysosasto	37
6.4.2 Naistentautien leikkausosasto	38
6.4.3 Tuotteiden kuljetus ja purku	39
6.5 Lastenklinikan rakennusosan N-vaihe	40
6.5.1 Lastentautien poliklinikka	40
6.5.2 Tuotteiden kuljetus ja purku	41
6.6 Lastenklinikan rakennusosan S-vaihe	42
6.6.1 Osasto 55	42
6.6.2 Tuotteiden kuljetus ja purku	43
6.7 Jäteasema	43
6.8 Keskuspesula	44
6.9 Reittien välivarastot	45
6.10 Mallin vuorojärjestelmä	46
6.11 Työn dokumentointi	46
6.12 Työn oikeellisuus	47
7 TYÖN TULOKSET	48

7.1 Työn tavoitteiden tulokset	48
7.2 Simuloinnin käytettävyys sairaalaympäristössä	48
7.3 Mallin jatkokehitys	49
8 LOPPUSANAT	50
LÄHTEET	52
Liite 1 Mitatut OYS:n reittien työajat	
Liite 2 Mitatut tuotteiden massat	
Liite 3 Massojen osastokohtaiset standardipoikkeamat	
Liite 4 Työaikojen osastokohtaiset standardipoikkeamat	
Liite 5 Simulointimallin tulosten vertailu	

MERKKIEN SELITYKSET

atomi	Enterprise Dynamics -ohjelman objekti.
ED	Lyhenne nimestä Enterprise Dynamics. ED on Incontrol Simulation Solutionsin kehittämä simulointiohjelma.
malli	Tietokonepohjainen simulointimalli.
OYS	Lyhenne nimestä Oulun yliopistollinen sairaala.
parametri	Lähtötieto, jonka arvoja muutetaan simulointikokeissa.
tuote	Tarkoittaa tässä työssä polttokelpoisia jätteitä ja likapyykkeitä.
validointi	Tarkoittaa kokonaisen simulointimallin oikeellisuuden tarkistamista.
verifiointi	Tarkoittaa simulointimallin elementtien oikeellisuuden tarkistamista mallinnuksen aikana.

1 JOHDANTO

1.1 Työn lähtökohdat

Oulun ammattikorkeakoulu Oy:n opiskelijat tekevät tutkimustyönä Oulun yliopistollisen sairaalan (OYS) jäte- ja likapyykkilogistiikan nykytilan selvityksen. Tutkimustyössä selvitetään osastoilla syntyvien jäte- ja likapyykkimassojen määrät, niiden syntypaikat ja siirtymisreitit sekä niiden käsittelyyn kuluvat ajat. Tutkimustyön aikana tarkastellaan myös OYS:n jätelogistiikan toimintatapojen vaikutusta työergonomiaan, -turvallisuuteen, -hygieniaan, -viihtyvyyteen ja kustannuksiin. Tässä opinnäytetyössä laaditaan OYS:n jäte- ja likapyykkilogistiikan nykytilasta tietokonepohjainen simulointimalli.

OYS:n toimenpideyksiköt ovat useassa rakennusosassa, ja ne sijaitsevat laajalla alueella. Jätteen ja likapyykin siirtomatkat ovat pitkiä ja määrät vaihtelevat osastoittain. Jätteiden käsittelyn ja kuljetuksen hoitavat ihmiset. Jätteiden käsittelyyn varatut tilat ovat osastojen yhteydessä ahtaita, ja kuljetuksiin käytettyjä käytäviä pitkin saattavat kulkea myös sairaalan henkilökunta ja potilaat. Sairaalajätteiden käsittelyssä on riski altistua vahingon sattuessa ihmiselle vaarallisille aineille.

1.2 Työn tavoitteet, tehtäväalue ja rajaus

Tavoitteena on luoda mahdollisimman realistinen ja visuaalinen simulointimalli OYS:n jätelogistiikan nykytilasta. Mallin avulla kuvataan selkeästi logistisen ketjun reitit, jäte- ja likapyykkimassat reiteillä syntypaikkoihin sekä niillä esiintyvät pullonkaulat. Simulointimallin avulla pyritään löytämään logistiseen ketjuun liittyvät ongelmakohdat. Lisäksi pyritään kuvaamaan simulointimallin rakentamisessa huomioon otettavia seikkoja sekä analysoimaan sen toimivuutta, käytävyyttä ja hyötyjä sairaalaympäristössä.

Simulointimallin tarkkuuden parantamiseksi opinnäytetyössä ei käsitellä koko OYS:n alueen polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien logistiikkaa. Tehtäväalue rajataan käsittämään nykytilan selvityksessä tutkittujen osastojen logistiset osuudet. Osuudet kuvaavat noin 12 % OYS:n jätelogistiikasta.

2 OULUN YLIOPISTOLLINEN SAIRAALA

Oulun yliopistollinen sairaala on osa Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiriä. OYS:n erityisvastuualue kattaa noin 50 % Suomen maapinta-alasta ja alueella on asukkaita noin 738 000. Sairaalan yhteydessä toimii 13 kunnan yhteinen päivystysyksikkö, Oulun seudun yhteispäivystys. Yhteispäivystys vastaa jäsenkuntien perusterveydenhuollon ilta- ja viikonloppupäivystyksestä sekä erikoissairaanhoidon päivystyksestä. (1.)

Kuvassa 1 olevan OYS:n rakentaminen käynnistyi vuonna 1968, ja sairaalatoiminta uusissa rakennuksissa aloitettiin virallisesti 1973. Sairaala maksoi 404 miljoonaa markkaa. Alkuperäinen sairaala koostui kuudesta rakennusosasta. Keväällä 2011 valmistui uusi lisärakennus, Avohoitotalo. OYS:n kerrosala on noin 222 000 m², josta käytäviä on noin 25 % ja varastotilojen osuus on noin 8 500 m². Loppu osuus koostuu muun muassa parkkitaloista, erilaisista toimenpidehuoneista, toimistotiloista, konehuoneista, auloista ja saniteettitiloista. Hissejä OYS:ssa on 110. Henkilöstöä OYS:ssa on noin 6 100. (1; 2.)



KUVA 1. Oulun yliopistollinen sairaala (2)

3 SIMULOINTI

3.1 Yleistä

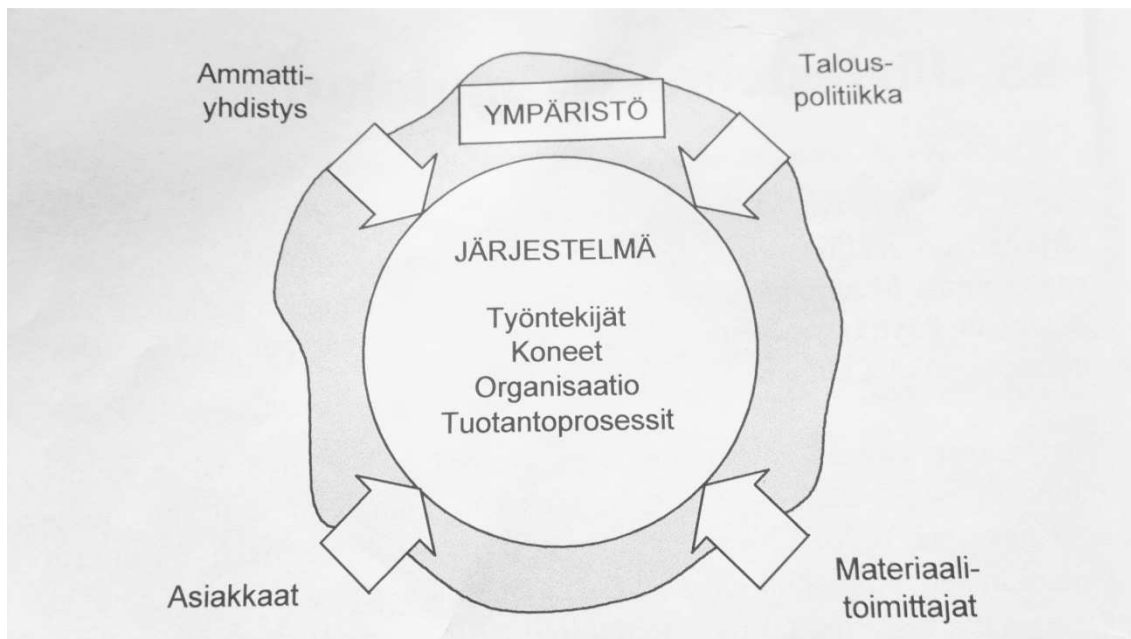
Simulointi on menetelmä, jossa todellisen järjestelmän tai prosessin toimintaa jäljitellään ajan kuluessa joko matemaattisesti käsin laskemalla tai tietokonesovelluksen avulla. Todellisen järjestelmän tai prosessin jäljitteleminen on usein monitahoinen ja hankala toimenpide. Jäljitteleminen simuloimalla vaatii yleensä monimutkaisia todennäköisyyslaskentaan perustuvia differentiaaliyhtälöitä. Simuloinnin helpottamiseksi pyritään yleensä luomaan yksinkertaistettu todellisuutta vastaava malli tietokonesovelluksen avulla sekä jakamaan kokonaisprosessi pienempiin aliprosesseihin ja tehtäviin. (3, s. 214.)

Mallin luominen aloitetaan muodostamalla matemaattinen, looginen ja symbolinen kuvaus tarkasteltavasta järjestelmästä ja siinä tapahtuvista muutoksista. Tekemällä muutoksia aliprosesseiksi ja tehtäviksi purettuun malliin voidaan tutkia, miten kukin osatekijä vaikuttaa kokonaisuuteen ja toisiinsa. Hyvin rakennetusta mallista on pääteltävissä malliin tehtyjen muutosten vaikutus todellisuudessa. (3, s. 214.)

Tässä työssä simuloinnilla tarkoitetaan tietokoneen avulla tehtävää prosessien ja järjestelmien mallintamista, niiden tarkastelua ja tulosten analysointia varten. Seuraavassa käsitellään tietokoneen avulla tehtävän simuloinnin kulkua, siihen liittyviä termejä, käyttökohteita sekä etuja ja heikkouksia.

3.2 Järjestelmä, järjestelmäympäristö ja raja

Ennen kuin simulointimallia aletaan rakentamaan on ymmärrettävä käsitteet järjestelmä ja järjestelmäympäristö sekä näiden raja (kuva 2). Järjestelmäksi kutsutaan kaikkia tarkasteltavaan kokonaisuuteen kuuluvia tekijöitä, jotka ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa jollakin tavalla. Järjestelmäksi voidaan myös kutsua kokonaisuuden pienempää osa-aluetta, kuten tuotannon yksittäistä kokonpanosolua. Järjestelmäympäristöllä tarkoitetaan kaikkia niitä ulkopuolisia tekijöitä, joilla voi olla vaikutusta järjestelmään. (4, s. 319.)



KUVA 2. Järjestelmä ja sen ympäristö (4, s. 320)

Järjestelmä ja järjestelmäympäristö erotetaan toisistaan rajaamalla. Rajauksessa valitaan ne tekijät, joiden avulla pystytään luomaan mahdollisimman yksinkertainen kuvaus tutkittavasta järjestelmästä. Ongelmana on usein rajojen määrittely siten, että ympäristöstä tulevat vaikutukset pystytään ottamaan huomioon. Tunnistamalla vaikutukset voidaan tekijäkohtaisesti määrittää, sisällytetäänkö tekijä järjestelmään, sen ympäristöön vai suljetaanko se pois mallinnuksesta. (4, s. 320.)

3.3 Simulointityökalut

Simulointityökalut jaetaan niiden ominaisuuksien mukaan simulointikieliin ja simulaattoreihin. Työkalujen ominaisuuksia ovat mallinnus, simulointi, tulosten esittäminen sekä mallin kuvaaminen kaksi- tai kolmiulotteisesti. Simulointikielillä tarkoitetaan ohjelmointikieltä, joka on suunniteltu simulointia varten. Ohjelmointikielillä pystytään kuvaamaan yksityiskohtaisia malleja tehokkaasti ja joustavasti. Ohjelmointikielten käyttöä rajoittaa niiden vaatima ohjelmointitaidon tarve. (4, s. 324 - 325.)

Simulaattorit ovat ohjelmia, jotka on rakennettu käyttäen simulointi- tai ohjelmointikieliä. Valmiiden simulointiohjelmien käyttö on yleensä paljon helpompaa kuin simulointikielten. Nykyaikaiset simulointiohjelmistot ovat molempien työka-

lujen yhdistelmiä. Niissä yhdistyvät simulointikielten edut, hyvä yksityiskohtaisuuden taso ja laaja soveltuvuusalue sekä simulaattoreiden yksinkertaisin toimenpitein saavutettava monimutkainen mallinnuksen taso. Tietokoneiden laskentakapasiteetin lisääntyttyä simulointiohjelmistojen tarjoamiin ominaisuuksiin on tullut mukaan mahdollisuus liittää malliin ulkopuolisia lähteitä kuten CAD-rakenteita, erilaisia ohjelmia ja käyttöliittymiä. Tässä työssä simulointityökaluna käytetään Enterprise Dynamics -simulointiohjelmaksi kutsuttua simulaattoria. (4, s. 324 - 325.)

3.4 Työssä käytettävä simulointiohjelma

Enterprise Dynamics on yksi Incontrols Simulation Solutions yhtiön tarjoamista simulointiohjelmistoista. ED-ohjelmisto soveltuu erilaisten tuotantolaitosten ja logististen prosessien mallintamiseen sekä niiden analysointiin. Ohjelma on objektipainotteinen. Se koostuu laajasta ja kattavasta objektikirjastosta, jonka objektit toimivat itsenäisesti. Ohjelma tarjoaa suuren määrän ennalta määritettyjä objekteja, mutta käyttäjä voi myös halutessaan rakentaa uusia tyhjästä käyttäen ohjelman omaa 4Dscript-ohjelmointikieltä. Ohjelmointikielen avulla objekteille voidaan määrittää erilaisia toimintoja. Objektit voivat kuvata esimerkiksi tuotantokonetta, operaattoria, varastoa tai kokonaista työsolua. Ohjelman objekteja kutsutaan atomeiksi. (5.)

Laajan ja monimuotoisesti muokattavan objektikirjaston lisäksi Enterprise Dynamics -ohjelmaan kuuluu 3D-grafiikkaympäristö. Objektit eli atomit visualisoidaan näkyviin välittömästi, kun ne on lisätty malliin. Reaaliaikainen ja helppokäyttöinen 3D-visualisointi soveltuu työkaluksi prosessien tarkastelua, mallinnusta ja päätösten tekoa varten. (5.)

3.5 Sovelluskohteet

Simuloinnin perinteisiä sovelluskohteita ovat suorituskyvyn, henkilöstö- ja välineistötarpeiden määrittäminen ja niiden arviointi sekä operatiivisen toiminnan arviointi. Tietokoneiden laskentakapasiteetin kehittymisen ansiosta nykypäivänä on perinteisten simuloinnin sovelluskohteiden rinnalle syntyneessä uusissa käyttökohteita. Simulointia voidaan käyttää muun muassa henkilöstön koulutuksessa.

Esimerkiksi lentokoneen ohjaajia voidaan nykyään kouluttaa ja testata todellisuutta vastaavilla simulaattoreilla. (4, s. 326.)

Valmistuksessa ja logistiikassa simulointia voidaan käyttää muun muassa resurssitarpeiden suunnitteluun, toiminnanohjausjärjestelmien kehittämiseen, layout-suunnitteluun sekä opetukseen. Uusi toiminnanohjausjärjestelmä voidaan testata simuloimalla ja korjata siinä ilmenevät puutteet ennen varsinaista käyttöönottoa. Tuotannonsuunnittelussa simuloinnilla pystytään etsimään valmistuserien parhaita toteutusjärjestyksiä ja varautumaan erien vaatimiin materiaaltarpeisiin. Simuloinnilla avulla voidaan myös etsimään parhaat reagoitavat konerikkojen, materiaalipuutteiden ja muiden tuotantoon liittyvien häiriöiden varalle. (4, s. 328.)

Uutena simuloinnin sovelluskohteena on myös väkijoukkojen simulointi yleisötapahtumissa. Incontrol Simulation Solutions -yritys tarjoaa tätä varten kehittämiensä Pedestrian Dynamics -ohjelmiston, jolla voidaan arvioida järjestelmien turvallisuutta ja tehokkuutta suurilla väkimäärillä. (6.)

3.6 Vahvuudet ja heikkoudet

Simulointi on hyvä työkalu lähdettäessä suunnittelemaan prosesseja. Sen avulla pystytään näkemään muutosten vaikutukset kokonaisuuteen jo suunnitteluvaiheessa. Usein tämä on ainoa tapa saada tietoa ongelmien luonteesta ja niiden ratkaisusta. Päätettäessä simuloinnin käytöstä prosessien suunnitteluvaiheessa on vertailtava sen vahvuuksia ja heikkouksia. (4, s. 328.)

Simuloinnin vahvuuksia ovat muun muassa

- käytännössä rajaton kokeilumahdollisuus
- muutosten kokeilu häiritsemättä käynnissä olevia järjestelmiä
- muutosten kokeilu ilman, että pääomaa joudutaan sitomaan mahdollisiin muutosten aiheuttamiin hankintoihin
- parantunut ymmärrys järjestelmän toiminnasta
- halpa hinta, joustavuus ja ymmärrettävyys. (3, s. 215; 4, s. 328 - 329.)

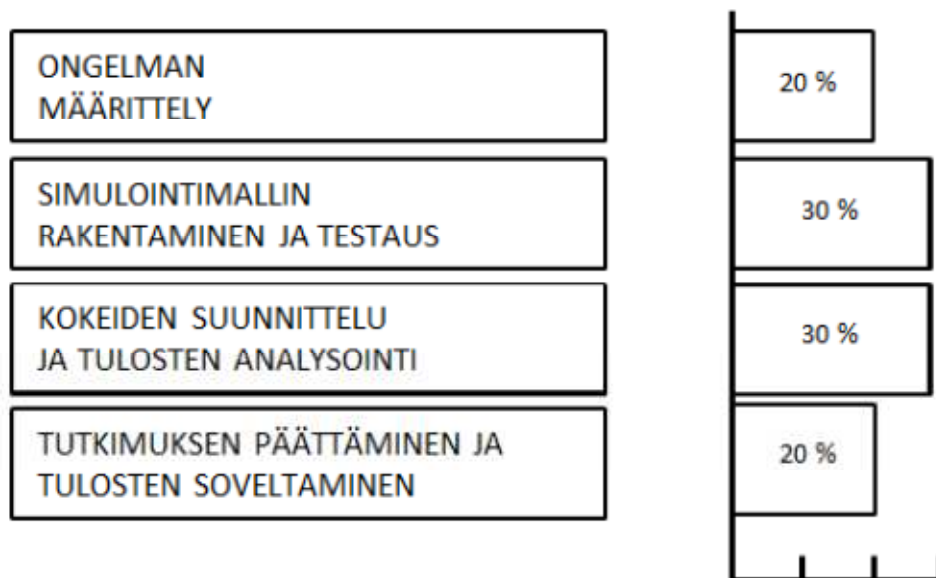
Simuloinnin heikkoudet liittyvät mallin luomisessa tarvittaviin taitoihin ja tulosten oikeellisuuteen. Sen heikkouksia ovat muun muassa

- mallin luomiseen vaadittava erityistaito
- mallin tulosten oikeellisuuden varmistaminen ja tulkinta, jotka saattavat olla vaikeita
- yksityiskohtaisen mallin laatiminen, mikä vie aikaa ja rahaa
- liian vähäinen simulointiresursseihin panostaminen, mikä voi johtaa vääristyneisiin tuloksiin. (3, s. 215; 4, s. 328 - 329.)

3.7 Simulointitutkimus

Tyypillinen simulointitutkimus on luonteeltaan kokeellinen ja projektimainen, ja sille on ominaista aikataulun ja tavoitteiden asettaminen. Simulointitutkimus ei ole suoraviivainen prosessi vaan sen luonteeseen kuuluu tavoitteiden ja suunnitelmien muuttuminen prosessin aikana. Usein tutkimuksen aikana vastaan tuleiden ongelmien ja muuttuneiden lähtötietojen takia joudutaan palaamaan aikaisempiin tutkimuksen vaiheisiin ja muuttamaan sen aikataulua. Simulointitutkimuksessa onkin varauduttava jo suunnitteluvaiheessa mahdollisiin aikataulumuutoksiin. (4, s. 329.)

Riippumatta simulointitutkimuksen koosta voidaan siitä erottaa neljä päävaihetta, joita ovat ongelman määrittely, simulointimallin rakentaminen ja testaus, kokeiden suunnittelu ja tulosten analysointi sekä tutkimuksen päättäminen ja tulosten soveltaminen (kuva 3). Tutkimusten erilaisten luonteiden vuoksi kuvassa esitetyt vaiheiden prosentuaaliset osuudet kokonaisajoista ovat suuntaa-antavia. (4, s. 330.)



KUVA 3. Tyypillisen simulointitutkimuksen päävaiheet ja osuus kokonaisajasta (4, s.330)

3.8 Simulointiprosessin kulku

Yleinen virhe on ymmärtää simulointi pelkästään mallin rakentamiseksi tietokoneella. Todellisuudessa mallinnus on vain osa työtä, joka alkaa mallin rakentamiseen tähtäävillä valmistelevilla toimenpiteillä. Työ ei myöskään pääty mallin valmistumiseen, vaan se jatkuu varsinaiseksi simuloinniksi kutsutulla vaiheella, josta saadaan tulokset työn päätöksentekoon. Lopuksi työ dokumentoidaan ja sen toteutuksesta tehdään päätös. Seuraavassa käydään läpi tärkeimmät simulointiprosessin vaiheet. (3, s. 220.)

3.9 Ongelman määrittely

3.9.1 Ongelma, simuloinnin tavoitteet ja laajuus

Prosessin ensimmäistä vaihetta kutsutaan tutkimuskielellä ongelman määrittelyksi. Vaiheen tärkeitä osia ovat ongelman tunnistaminen, tavoitteiden asettaminen ja tutkimussuunnitelman laatiminen. Tutkimussuunnitelmasta tulisi ilmetä, mikä on tutkimuksen käynnistävä voima eli syy, miksi simulointiprosessi on otettu käyttöön. Syitä voivat olla järjestelmässä ilmenneet ongelmat, järjestelmään suunnitellut muutokset tai uuden järjestelmän luominen. Ongelman määrittelyvaiheessa myös selvitetään, onko simuloinnin käyttö kannattavaa eli vertaillaan

simuloinnin kustannuksia, tavoiteltavaa hyötyä ja vaihtoehtoisia ratkaisuja. (3, s. 218.)

Prosessin käynnistämiseen johtaneiden syiden selvittämisen jälkeen asetetaan simuloinnille tavoitteet ja niiden saavuttamiseen tarvittava aikataulu. Yleensä tavoitteita on useita ja tällöin ne on asetettava tärkeysjärjestykseen. Määritetyn aikataulun sisällä ei aina pystytä saavuttamaan kaikkia tavoitteita. Tärkeysjärjestykseen asettamisella varmistetaan päätavoitteiden toteutuminen. Yksi yleisimmistä simuloinnin epäonnistumiseen johtavista syistä on tämän määrittelyvaiheen laiminlyönti. (4, s. 330 - 331.)

Mallin suunnitteluvaiheessa on määritettävä ne tiedot, joita tarvitaan tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseen. Tietoja ovat yleensä ne tekijät, joiden vaikutusta tutkitaan, ja tulokset, joita mallista kerätään. Tekijöitä ovat malliin syötettävät parametrit eli tarvittavat lähtötiedot sekä tarvittavat raportit ja näiden esitysmuodot, joiden avulla pystytään määrittämään simulointikokeen tulokset. Parametrit ja raportit on valittava huolella ja ne on asetettava tärkeysjärjestykseen. (4, s. 332 - 333.)

Simulointimallin rajoituksella päätetään, mitä malliin sisällytetään ja mitä jätetään pois. Rajoituksen jälkeen määritetään, miten yksityiskohtaisesti kukin sisällytetty osa kuvataan mallissa. Yleensä rajausta ja yksityiskohtaisuutta pyritään määrittämään sille minimitasolle, jolla asetetut tavoitteet saavutetaan. Määrittelyssä on myös otettava huomioon käytettävissä oleva aika sekä vaadittava animaation taso. Mallin laajuutta ja yksityiskohtaisuutta lisäämällä kasvatetaan yleensä tulosten tarkkuutta, mutta samalla mallinnukseen tarvittava aika kasvaa. Tarvittava yksityiskohtaisuuden tasoa voidaan pienentää yksinkertaistamalla mallia, esimerkiksi tuotantoa simuloimalla kuvaamalla kokonainen tuotantosolu yhtenä elementtinä, mikäli solun sisäiset prosessit eivät ole simuloinnin kannalta oleellisia. Suurempi malli voidaan myös jakaa pienempiin osiin, jolloin malleja voidaan rakentaa rinnakkain ja näin säästää aikaa. On kuitenkin varottava liiallista yksinkertaistamista, sillä seurauksena voi olla mallin tarkkuuden heikkeneminen. (4, s. 336 - 337.)

3.9.2 Lähtötietojen keräys

Mallin parametrien ja rajojen määrittämisen jälkeen on helpompi tehdä lähtötietojen keräys. Lähtötietoja ei tarvita pelkästään mallin rakentamiseen, vaan tietoja käytetään myös mallin oikeellisuuden varmistamiseen. Hyvistä valmisteluista huolimatta tietojen keräys ei aina ole ongelmaton. Lähtötiedot voidaan jakaa saatavuutensa mukaan

- saatavilla olevaan
- ei saatavilla, mutta kerättävissä olevaan
- ei saatavilla eikä myöskään kerättävissä olevaan tietoon. (4, s. 338.)

Lähtötietoja kerätessä voidaan havaita, että saatavilla oleva lähtötieto voi olla väärässä muodossa tai sen tarkkuus ei ole prosessin suorittamisen kannalta vaadittavalla tasolla. Käytettävissä oleva aika voi myös rajoittaa kerättävissä olevan tiedonsaantia. On myös tilanteita, joissa aikaa tietojen keräykseen olisi mutta tietoja ei vain ole mahdollista kerätä. Mikäli tällaiset tiedot ovat kuitenkin mallintamisen kannalta kriittisiä, joudutaan turvautumaan usein arvioihin. Arviota käytettäessä on otettava huomioon, että niillä saavutettava tarkkuus ei ole mallinnuksen kannalta välttämättä riittävä. Tietoja joudutaankin usein mallinnuksen aikana tarkentamaan. Arvio ei voi myöskään olla vain yhden henkilön näkemys. Arvioiden käyttöä voidaan välttää mallin yksinkertaistamisella. (4, s. 338 - 339.)

Järjestelmässä tapahtuva vaihtelu vaikuttaa myös käytettävän lähtötiedon laatuun. Sen huomioon ottamiseen on käytettävä jotakin neljästä vaihtoehdosta, joita ovat

- kerätyn tiedon suora käyttäminen
- keskiarvon käyttäminen
- tiedosta muodostetun kokeellisen jakauman käyttäminen
- havaintojoukon sovittaminen johonkin standardijakaumaan. (4, s. 339.)

Kerätyn tiedon suora käyttäminen eli esimerkiksi tallennettujen koneen toiminta-aikojen suora syöttäminen mallissa koneelle, on hyvä keino varmistettaessa mallin oikeellisuutta. On kuitenkin otettava huomioon, että jos järjestelmässä esiintyy paljon vaihtelua, ei malli tällöin huomioi sitä, vaan toistaa jatkuvasti yhtä

jo tapahtunutta skenaariota. Vaihtelun kannalta myöskään keskiarvojen käyttö ei ole kannattavaa, sillä keskiarvoja käyttämällä suodatetaan pois sekä pienet että suuret arvot ja näiden esiintyminen mallissa. Joskus on kuitenkin pakko turvautua keskiarvoihin esimerkiksi puutteellisten tietojen takia. Ääritapaukset pois suodattavan kokeellisen jakauman käyttö ei keskiarvojen tavoin ole myöskään kannattavaa. (4, s.339.)

Paras keino ottaa vaihtelu huomioon mallissa on sovittaa lähtötiedot johonkin standardijakaumaan. Tällöin lähtötietojen sopivuus käytettävään jakaumaan on varmistettava esimerkiksi yhteensopivuustestin avulla. Yhteensopivuustestissä erilaisten jakaumien paremmuutta vertaillaan annettujen lähtötietojen avulla. Yleensä nykyaikaiset simulointityökalut tarjoavat tämän ominaisuuden käyttäjilleen. Tässä työssä käytetyssä ED-ohjelmassa kyseinen ominaisuus löytyy ohjelman Autofit-työkalusta. (4, s. 340.)

3.9.3 Määrittelyn päätös

Ongelman määrittelyvaiheen tiedot kerätään tutkimussuunnitelmaan ja vaihe päätetään hyväksymällä laaditun suunnitelman sisältö tilaisuudessa, johon tutkimusosapuolet osallistuvat. Suunnitelma käydään läpi projektin osapuolten kesken ja sen hyväksynnästä tehdään päätös. Päätökset on kirjattava ylös, jotta vältetään sekaannusta tutkimuksen kulusta ja tavoitteista. Suunnitelman hyväksynnän jälkeen voidaan aloittaa mallin rakentaminen. (4, s. 341.)

3.10 Mallin rakentaminen

Simulointimallin rakentaminen on tutkimusprojektin kannalta kriittinen vaihe. Mallinnuksen aikana tehtyjä virheitä ei voida enää myöhemmin korjata tai niiden korjaaminen jälkikäteen vie paljon aikaa ja rahaa. Mallin rakennuksen tärkeimpiä vaiheita ovat mallinnus, dokumentointi sekä simulointimallin verifiointista ja validoinnista koostuva mallin oikeellisuuden tarkistus. Mallinnus etenee loogisesti yleiskuvan hahmottamisesta paperille aina valmistuneen mallin oikeellisuuden tarkistamiseen asti. Prosessi ei kuitenkaan ole suoraviivainen vaan mallinnuksen aikana joudutaan usein palaamaan taaksepäin. Esimerkiksi oikeellisuuden tarkistuksessa saatetaan huomata, että mallin tarkkuus ei ole riittävä, jolloin siihen joudutaan syöttämään uusia tietoja tarkkuuden parantamiseksi.

Tämä johtaa mallinnuksen alkuun palaamiseen ja lähtötietojen uudelleen tarkasteluun. (3, s. 220.)

3.10.1 Mallinnus

Mallinnuksen alussa on suositeltavaa kuvata mallista yksinkertainen jäsenneilty rakenne paperille. Tämän tarkoituksena on helpottaa varsinaista tietokoneella tehtävää mallinnusta. Paperille luotu kokonaisuus auttaa hahmottamaan mallin rakenteen sekä siihen liittyvät ja tarvittavat yksityiskohdat. Paperille hahmoteltu rakenne säästää myös aikaa esimerkiksi virheiden korjauksissa, sillä tietokoneella tehdyn mallinnuksen aikana löydettyjen virheiden korjaaminen ja malliin muutosten tekeminen on yleensä huomattavasti monimutkaisempaa kuin mallin suunnitteluvaiheessa havaittujen virheiden korjaaminen. (4, s. 342 - 343.)

Varsinainen mallinnus tietokoneella aloitetaan luomalla yksinkertainen kokonaisuus järjestelmästä. Toisinaan on syytä jakaa malli pienempiin osiin, esimerkiksi jos mallinnettava järjestelmä on hyvin laaja tai siinä on paljon toistensa kaltaisia osia. Tämän jälkeen mallin osien yksityiskohtaisuutta aletaan lisäämään vähitellen. Lopuksi osat liitetään toisiinsa kokonaisuuden luomiseksi. (4, s. 343.)

Mallinnus simulointiohjelmissa vaatii yleensä ohjelmakoodin kirjoittamista. Mitä monimutkaisempi malli on, sitä enemmän se tarvitsee mallin rakentajan lisäämää ohjelmakoodia. Osiin jaetussa mallissa ohjelmointiin käytettävää aikaa pystytään vähentämään kopioimalla toimivia ohjelmakoodeja osista toiseen. Kun yhden mallin osan toimivuus on varmistettu ja dokumentoitu, sen rakenteita voidaan käyttää seuraavaa osaa mallinnettaessa. Kopiointia helpottaa selkeä dokumentoitu rakenne, modulaarisuus ja kuvaavasti käytetyt muuttujat, jolloin kopioituihin ohjelmakoodeihin tehtävät muutokset on helpompi toteuttaa. (4, s. 343.)

3.10.2 Dokumentointi

Onnistuneen simulointitutkimuksen yksi kulmakivi on sen dokumentointi. Tutkimuksessa dokumentointi jaetaan kahteen tyyppiin, varsinaiseen projektidokumentointiin ja simulointimallin rakentamiseen liittyvään ohjelmadokumentointiin, joka selittää mallin rakenteen ja sen toiminnan. Projektidokumentointi käsittää

aikajärjestyksessä koko tutkimuksen kulun työn suunnittelusta mallinnukseen ja päätösten tekoon. Projektidokumentointi päätetään tutkimuksen loppuraporttiin. (3, s. 219 - 220.)

Ohjelmadokumentointi on osa mallin rakentamista. Sen päämääränä on varmistaa mallin ymmärrettävyys tarkasteltaessa sen rakennetta joko myöhemmässä vaiheessa, kuten jatkokehityksessä, tai jonkin muun henkilön toimesta. Ajan tasalla olevalla ja helposti ymmärrettävällä ohjelmadokumentoinnilla turvataan tutkimuksen eteneminen esimerkiksi tilanteissa, joissa mallin rakentamisen teki- ja on syystä tai toisesta vaihtunut. Dokumentoinnin tulisi olla jatkuvaa mallin rakentamisen rinnalla, sillä jälkeempäin laadittu dokumentointi voi olla puutteellista ja hankalasti laadittavaa tai se voi jäädä kokonaan tekemättä. Hyvin tehdystä dokumentoinnista pystytään myös näkemään lähtötietojen muutosten vaikutukset tuloksiin. (3, s. 220; 4, s. 344.)

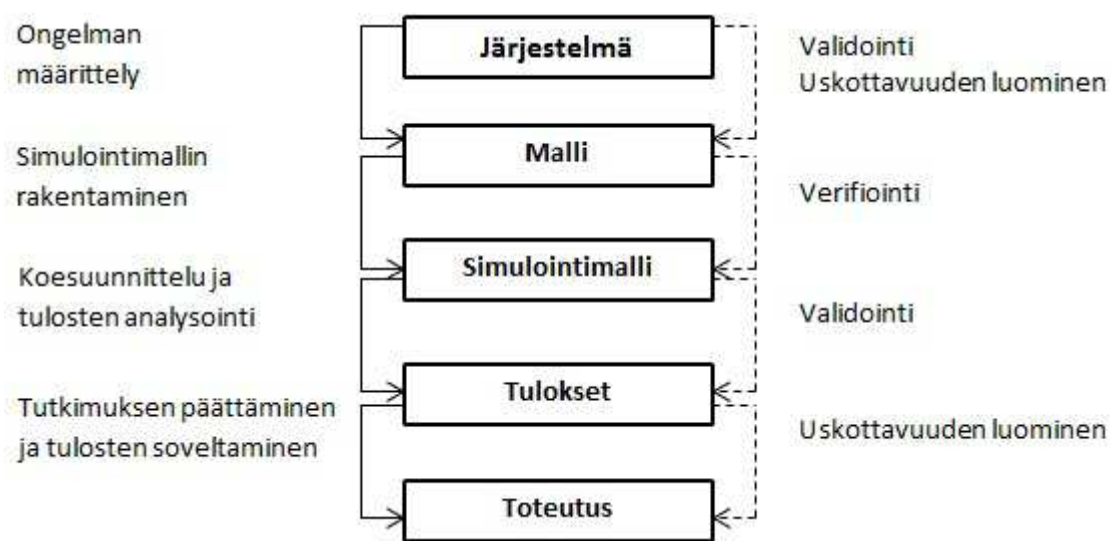
3.10.3 Simulointimallin oikeellisuus

Simulointimallin oikeellisuudella tarkoitetaan mallin vastaavuutta sen kuvaamaan järjestelmään. Oikeellisuuden tarkistukseen käytettäviä menetelmiä ovat simulointimallin verifiointi ja validointi. Verifiointi on simulointimallin rakentamisen yhteydessä tehtävää mallin yksittäisten elementtien toimivuuden varmistamista. Erilaisia verifiointinissa hyödynnettäviä menetelmiä ovat ohjelmakoodin tarkistus, animaatioiden hyödyntäminen ja tuloksiin pohjautuva verifiointi. (4, s. 344 - 345.)

Monimutkaisten järjestelmien simuloimiseen tarvitaan yleensä paljon ohjelmakoodia. Mallin koodien tarkistusta helpottaa selkeä dokumentointi sekä osuvasti nimetyt muuttujat. Simulointiohjelmien kehitys on mahdollistanut animaatioiden hyödyntämisen oikeellisuuden tarkistuksessa. Animaatioiden avulla pystytään havaitsemaan simulointimallin poikkeamat sen kuvaamasta järjestelmästä. Monimutkaista ja pitkää ajanjaksoa simuloimessa animaatioiden tarkastelu voi kuitenkin käydä työlääksi ja mallissa tapahtuvat virheet saattavat jäädä havaitsematta. Pelkkään animaation tarkasteluun pohjautuva mallin elementtien verifiointi ei ole täten riittävää. Verifiointin on aina perustuttava tuloksiin. Mallin ele-

menteistä saatuja tuloksia, kuten koneiden vaiheaikoja, kuljettimien nopeuksia ja asetusajoja on verrattava lähtötietoihin. (4, s. 344 - 345.)

Simulointimallin validointi on mallikokonaisuuden oikeellisuuden varmistamista asiakkaan tai mallin loppukäyttäjän näkökulmasta. Kuva 4 esittää simulointiprosessin kulkua, mihin on kuvattuna oikeellisuuden varmistamiseen liittyvät menetelmät prosessin vaiheiden rinnalle. Validointi suoritetaan tarkastelemalla mallin ja järjestelmän tulosten vastaavuutta. Tulosten vertailun lisäksi validoinnissa voidaan myös käyttää apuna animaatioiden tarkastelua. (4, s. 345 - 347.)



KUVA 4. Oikeellisuuden varmistaminen vaiheittain (4, s.346)

3.11 Simuloinnin toteutus ja tulosten analysointi

Simulointiajoa suunniteltaessa on otettava huomioon simuloinnin luonne, joka voi olla päättävä tai päättymätön. Päättävässä simuloinnissa on aina tapahtuma, joka päättää simulointiajon ja määrää sen pituuden. Päättymätön simulointi voi jatkua loputtomiin. Simulointiajoa suunniteltaessa on otettava huomioon

- lämmittelyajanjakson pituus
- simulointiajon toistokerrat
- simulointiajon pituus. (4, s. 347.)

Ennen kuin simuloinnista voidaan alkaa keräämään tietoja, on sille määritettävä toistojen lukumäärä. Toistojen lukumäärä koostuu lämmittelyajanjaksoksi kutsuista toistoista sekä varsinaisista toistoista koostuvasta simulointiajosta, joista

tiedot kerätään. Lämmittelyajanjakson aikana malli saavuttaa normaalitilan, jossa kerättävä tieto on vakiintunut. Normaalitilan saavuttaminen voidaan arvioida esimerkiksi tuotannon määrästä aikayksikössä. Simulointiajon toistojen lukumäärä määrittää sen tulosten tarkkuuden. Tulosten tarkkuus paranee mitä useampi simulointiajo suoritetaan. Luotettavan tiedon saamiseksi simulointiajon on oltava huomattavasti pidempi kuin lämmittelyajanjakson. (4, s. 348 - 351.)

Simulointikokeiden avulla pyritään usein vertailemaan tavoitteiden suhteen kahden tai useamman vaihtoehdon paremmuutta. Simulointiajojen tuloksia analysoidaan yleensä vertailemalla eri kokeiden keskiarvoja toisiinsa. Tulosten vertailtavuuden takia on määritettävä eri kokeiden välille ero, jonka mukaan tulokset voidaan asettaa paremmuusjärjestykseen. Tulosten analysoinnissa on otettava huomioon niiden merkitys yrityksen näkökulmasta, sillä ensisijainen tavoite on löytää organisaation tarpeisiin soveltuva ratkaisu. (4, s. 357 - 358.)

3.12 Simulointiprosessin päättäminen

Simulointiprosessi ei pääty loppuraportin luovuttamiseen asiakkaalle. Simulointiprosessia voidaan pitää tuloksellisena vasta, kun siitä saatuja tuloksia on sovellettu käytännössä. Simuloinnista saadut tulokset on raportoitava sekä kirjallisesti että suullisesti. Suullisen raportoinnin tehtävä on tukea kirjallista loppuraporttia esittämällä tekijän suositukset saaduista tuloksista ja niiden analyyseistä. Tulosten soveltamisen todennäköisyys paranee, jos suullinen raportointi on tehty hyvin. Kirjallisessa raportissa esitetään lyhyesti ja ytimekkäästi prosessin tavoitteet, keskeiset tulokset, päätelmät ja suositukset. Yksityiskohtaiset tulokset esitetään tarvittaessa raportin lopussa liitteinä. (4, s. 358.)

Tulosten toteutuksessa ja soveltamisessa on tärkeää, että annetut suositukset ymmärretään täydellisesti. Toteutuksen jälkeen on sen tuloksia verrattava simuloinnista saatuihin tuloksiin. Mahdolliset erot tuloksista ja niiden syyt on arvioitava, jotta pystytään päättämään, johtuiko ero virheestä simulointimallissa vai sen toteutuksessa. Ennen kuin tutkimus päätetään on sen dokumentointi viimeisteltävä ja sen tulokset arvioitava kriittisesti. (4, s. 358.)

4 NYKYTILAN SELVITYS OULUN YLIOPISTOLLISESSA SAIRAALASSA

Oulun ammattikorkeakoulun (OAMK) opiskelijoiden tekemässä OYS:n jäte- ja likapyykkilogistiikan nykytilan selvityksessä selvitettiin osastoilla syntyvien jäte- ja likapyykkimassojen määrät, niiden syntypaikat ja siirtymisreitit sekä niiden käsittelyyn kuluvat ajat. Tutkimustyön aikana tarkasteltiin myös OYS:n jätelogistiikan toimintatapojen vaikutusta työergonomiaan, -turvallisuuteen, -hygieniaan, -viihtyvyyteen ja kustannuksiin. Nykytilan selvityksen tekemiseen osallistuivat OAMK:n opiskelijat Minna Haapola, Jaakko Nivala, Aki Seppänen ja tämän opinnäytetyön laatija Mikko Sipola. Opiskelijat tekivät nykytilan selvityksen pohjalta neljä eri opinnäytetyötä. Minna Haapolan (7) työ keskittyi selvityksen työergonomiaan, -hygieniaan ja -viihtyvyyteen. Jaakko Nivalan (8) työ käsitteli sairaalan logistisia virtauksia ja Aki Seppäsen (9) työ käsitteli jätelogistiikkaan liittyviä kustannuksia.

4.1 Opinnäytetyöhön vaikuttavat tutkimukset

Oulun yliopistollisen sairaalan nykytilan selvityksessä tutkittiin sairaalan polttokelpoisten jäte- ja likapyykkimassojen logistiikkaa sekä siihen liittyviä prosesseja. Tässä työssä polttokelpoisia jätteitä ja likapyykkeitä kutsutaan tuotteiksi. Tutkimus ei kattanut kaikkia OYS:n tuotteiden logistisia virtauksia, vaan ne rajattiin seitsemään pilotti-osastoon. Työn simulointiin vaikuttavia tietoja nykytilan selvityksessä olivat massojen liikuttamiseen käytetyt logistiset reitit ja niiden työjärjestykset, osastoilla syntyvien ja reiteillä liikuteltavien massojen määrät sekä niiden käsittelyyn käytetyt ajat.

4.2 Osastot

Nykytilan selvitykseen valittiin OYS:sta seitsemän pilottiosastoa. Osastot valittiin niiden toiminnan, nykyisten sijaintien sekä suunniteltujen uusien sijaintien perusteella. Osa nykytilan selvityksen osastoista on mahdollisesti siirtymässä suunnitteilla olevan Lasten ja naisten sairaalan yhteyteen.

Valittuja osastoja olivat

- yhteispäivystys

- osasto 3
- osasto 7
- naistentautien leikkausosasto
- synnytysosasto
- osasto 55
- lastentautien poliklinikka.

4.2.1 Logistiset reitit

Selvityksessä havaittiin, että pilottiosastojen tuotteet liikkuvat sairaalan tunnelikerroksessa. Tunnelikerroksen logistiset reitit olivat jaoteltu neljään osaan niiden sijaintien perusteella. Pilottiosastojen logistiikka tapahtui näistä reiteistä kolmella, jotka olivat nimetty

- kirurgian rakennusosan mukaan Kirran keski -vaiheeksi
- naistentautien rakennusosan mukaan N-vaiheeksi
- sisätautien rakennusosan mukaan S-vaiheeksi.

Selvityksen reitit kattoivat myös lastenklinikan rakennusosan. Rakennusosan logistiikka oli selvityksen reiteissä jaettu N-vaiheen ja S-vaiheen kesken. Reitit, niiden nimet sekä niihin kuuluvat osastot oli merkitty OYS:n kuljetusyksikön Excel-taulukkolaskentaohjelmalla laadittuun pohjakarttaan. Reittien etäisyydet mitattiin sairaalan CAD-pohjakartasta.

4.2.2 Ajat

Nykytilan selvityksessä kerättäviä aikatietoja olivat osastojen tuotteiden syntyajkojen lisäksi niiden lastaukseen, kuljettamiseen sekä purkamiseen käytetyt ajat. Tuotteiden syntyajat selvitettiin osastokohtaisesti merkitsemällä tuotteet tarroilla, joihin osastojen sairaalahuoltajat kirjasivat ylös tuotteiden syntyajat. Tuotteiden syntyajoja seurattiin viikon mittaisen seurantajakson aikana. Tuotteiden lastaukseen, kuljettamiseen ja purkamiseen käytetyt ajat selvitettiin seuraamalla ja mittaamalla kuljetushenkilöiden toimintaa reiteillä. Selvityksessä mitatut ajat on esitetty liitteessä 1. Selvityksessä havaittiin, että reittien logistiikka noudatti vuorojärjestelmää. Kirran keski- ja N-vaiheen reitit ajettiin arkipäivinä kahdesti vuorokaudessa, klo 07.00 ja klo 12.30 alkaen. Lastenklinikan rakennusosan

reitit ajettiin kerran vuorokaudessa, klo 11.00 alkaen. Viikonloppuisin kaikki reitit ajettiin vain kerran vuorokaudessa.

4.2.3 Massat

Osastoilla syntyvien tuotteiden massojen selvitykset tehtiin aikojen mittauksien yhteydessä. Viikon mittaisella seurantajaksolla tuotteiden massat punnittiin ja kirjattiin ylös. Massojen selvityksessä käytettiin apuna osastojen jätehuoneissa olleita kirjanpitotaulukoita, joihin osastojen sairaalahuoltajat merkitsivät viikon aikana syntyneiden polttokelpoisten jätteiden säkkien määrät. Kirjatuista arvoista laskettiin osastokohtaiset keskiarvot päivittäin syntyville tuotteiden massoille. Liitteessä 2 on esitetty tuotteiden osastokohtaiset massat.

4.3 Reittien työjärjestys

Nykytilan selvityksessä havaittiin, ettei kuljetushenkilöiden toimintaa reiteillä ollut tarkoin määrätty ja ohjeistettu. Kuljetushenkilöt saivat päättää itse parhaaksi katsomansa tavan ja järjestyksen osastojen tuotteiden kuljettamiseen. Tuotteiden kuljetukseen käytetyt reitit ajettiin kuitenkin tiettyinä kellonaikoina, sillä kuljetushenkilöiden työpäivään kuului muita tehtäviä polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien kuljetuksen ohella. Nykytilan selvityksessä esitettiin yksi yleinen tapa hoitaa reittien logistiikkaa.

Nykytilan selvityksessä Kirran keski -vaihe ja N-vaihe reittien polttokelpoiset jätteet noudettiin ensin osastoilta, mistä ne kuljetettiin jäteasemalle. Tämän jälkeen osastoilta noudettiin likapyykkirullakot ja ne toimitettiin keskuspesulaan. Lastenklinikan vaiheilla polttokelpoiset jätteet ja likapyykkirullakot noudettiin samalla kerralla ja ne toimitettiin keskuspesulaan ja jäteasemalle.

5 TYÖN SIMULOINTIMALLINNUS

5.1 Ongelman määrittely ja tavoitteiden asettaminen

Simuloinnin tavoitteet ja ongelma määritettiin OYS:n nykytilan selvityksen tavoitteita mukaillen. Ongelmaksi, eli syyksi, miksi simulointia käytettiin apuna nykytilankuvauksessa, määritettiin simulointimallinnuksen käytettävyyden monipuolisuus tarkasteltaessa prosesseja ja erilaisia skenaarioita logistisessa ketjussa. Mallin avulla voidaan tarkastella muutoksia sekä se pystyy osoittamaan ketjussa suurimmat yksittäiset aikaa vievät prosessit ja pullonkaulat.

Yhdeksi tärkeimmistä tavoitteista asetettiin mallin visuaalinen ulkoasu. Mallin tuli antaa tarkastelijalleen hyvä ja todenmukainen käsitys OYS:n jätelogistiikan nykytilasta. Tavoitteeksi asetettiin myös mallin oikeellisuus. Mallin tuli vastata todellista jätelogistiikan ketjua ja sen oli otettava huomioon vaihtelun merkitys ketjussa. Mallin oikeellisuutta päätettiin mitata tarkastelemalla malliin syötettyjen parametrien pohjalta saatuja tuloksia ja vertaamalla niitä nykytilan selvityksestä saatuihin tietoihin.

5.2 Mallin laajuuden määrittely ja raja

Mallin laajuuden määrittelyssä otettiin huomioon ensisijainen tavoite eli visuaalinen ulkoasu. Mallinnus rajattiin koskemaan vain nykytilanselvityksessä olleita osastoja ja niihin liittyviä prosesseja. Visuaalisuutta rajattiin siten, että rakennettavaa mallia ei vertailtu erilaisiin skenaarioihin vaan se kuvasi vain todellisen logistisen prosessin. Mallin oli vastattava todellista tilannetta visuaalisesti niin että tärkeimmät logistisen ketjun toiminnot olivat havaittavissa. Näihin toimintoihin kuuluivat

- logistiset reitit
- käytetyt työvälineet
- tuotteiden synty ketjulla
- tuotteiden pysähdyspaikat.

Laajuuden määrittelyn kriteerinä toimi myös mallin oikeellisuus. Malliin oli liitettävä kaikki tarvittavat parametrit, jotka tarvittiin mallin toteuttamiseen minimitalalla. Tutkimuksen alkuvaiheessa tarvittaviksi parametreiksi määritettiin

- tuotteiden massat
- tuotteiden syntyajat
- tuotteiden kuljetusmatkat
- likapyykin käsittelyyn käytetty aika osastokohtaisesti
- polttokelpoisen jätteen käsittelyyn käytetty aika osastokohtaisesti
- tuotteiden seisonta-ajat logistisella reitillä.

Simulointitutkimukselle ominaiseen tapaan mallin laajuuden määrittely muuttui työtä tehtäessä. Mallin visuaalista ulkoasua rajattiin poistamalla työntekijät mallista. Havaittiin, että työntekijöiden vaikutus prosessissa ei ollut mallinnustyön kannalta merkittävä ja työntekijöiden mallintamisesta olisi aiheutunut paljon lisätyötä. Työstä rajattiin myös pois hissien toiminta. Hissejä ei kuitenkaan poistettu mallista vaan ne jätettiin malliin passiivisiksi eli toimimattomiksi atomeiksi parantamaan mallin havainnollisuutta.

5.3 Tiedon keräys ja analysointi

Tiedon keräyksen pohjana toimi mallin laajuuden määrittely. Laajuuden määrittelyssä esitelty mallin toteuttamiseen tarvittavat parametrit toimivat simulointimallin rakentamisen ja oikeellisuuden varmistamiseen tarvittavina tietoina. Työn alkuvaiheessa oikeellisuuden varmistamiseen aiottiin käyttää OYS:n omia tilastoja polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien massoista. Tilastoja tarkastelemalla havaittiin pian, etteivät tiedot sopineet käytettäväksi mallin validointiin niiden puutteellisten yksityiskohtaisuuksien takia. OYS:n omista tilastoista ei käynyt ilmi tietoja projektiin kuuluvien osastojen jätemassoista.

Mallin oikeellisuuden varmistamiseksi tiedot osastoilla syntyvistä massoista kerättiin henkilökohtaisesti seuraamalla työntekijöiden toimintaa ja mittaamalla syntyneet massat nykytilan selvityksen aikana. Kerättyjen tietojen perusteella osastoille laskettiin keskiarvot vuorokaudessa syntyville likapyykki- sekä polttokelpoisen jätteen massoille. Sairaalaympäristön vaihtelevan luonteen vuoksi simulointimallin massojen ja aikojen kuvauksissa käytettiin keskiarvoja ja nor-

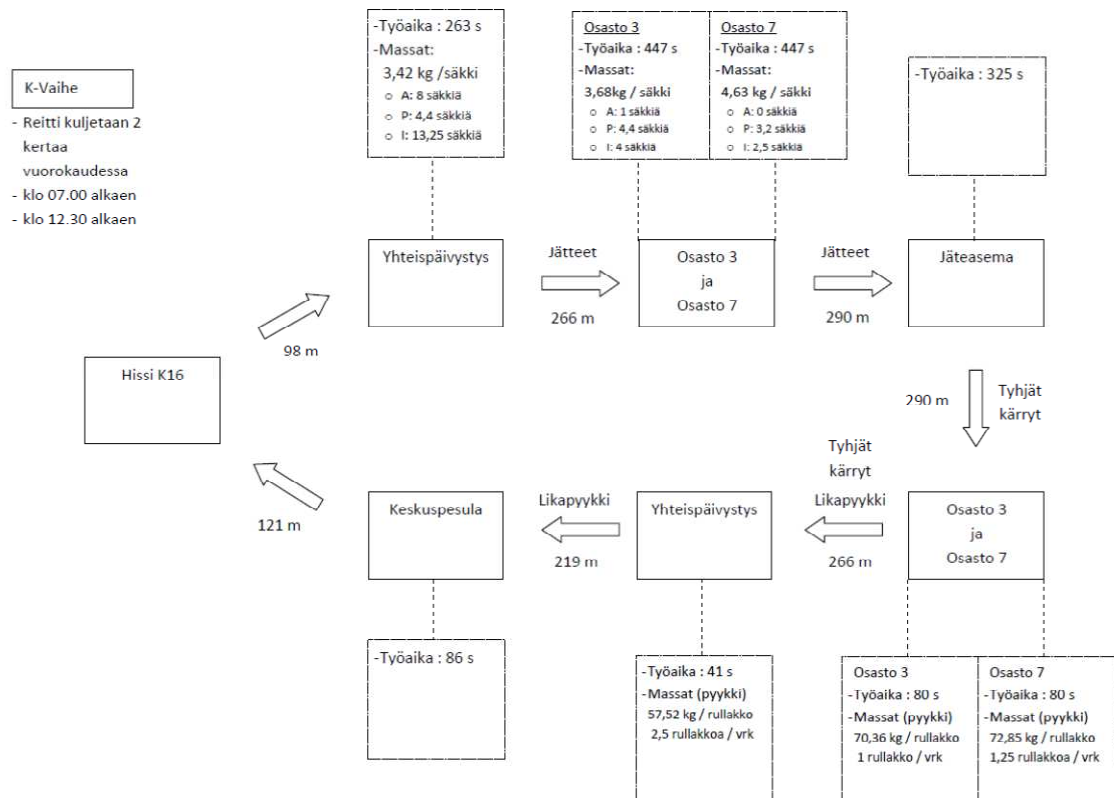
maalijakaumia saaduista mittaustuloksista. Vuorokausikohtaisista massoista laskettiin syntyvien massojen määrät viikolle, kuukaudelle ja vuodelle (liite 2).

Mallin rakentamiseen tarvittavat tiedot eli osastoilla vuorokaudessa syntyvät massat toimivat malliin syötettävänä lähtöarvoina. Syntyvät massat jaoteltiin osastokohtaisesti kolmeen vuorokauden osaan, joita olivat aamu, päivä ja ilta. Poikkeuksena olivat lastentautien poliklinikka, osasto 55 ja osasto 7, joissa jaottelu koostui kahdesta jaksosta, aamu ja ilta. Jaottelu perustui nykytilan selvityksessä ilmi tulleisiin työvuoroihin ja osastojen toimintaan logistisilla reiteillä. Vuorokauden osille laskettiin mittausten tuloksista standardipoikkeamat (liite 3) syntyville polttokelpoisille jätteille. Niitä käytettiin mittausten keskiarvojen kanssa ED-ohjelman normaalijakaumiin syötettävänä arvoina. Jakaumia käytettiin malliin syötettävänä numeraalisena tietona kuvattaessa massojen syntyä. Lika-pyykkimassat syötettiin malliin keskiarvoina, sillä niistä kerätyt lähtötiedot olivat heikompia kuin polttokelpoisista jätteistä kerätyt eikä normaalijakaumia voitu käyttää.

Mallinnukseen tarvittavia arvoja olivat myös massojen käsittelymiseen ja kuljettamiseen käytetyt työajat osastokohtaisesti. Työajoista OYS:lla ei ollut kirjattuja tietoja, joten ne kerättiin seuraamalla kuljetushenkilöstön toimintaa ja mittaamalla käytetyt työajat sekuntikelloilla. Osastojen sijainnin vuoksi päädyttiin käyttämään hissikohtaisia työaikoja, koska nykytilan selvityksessä havaittiin että samoja hissejä käytettiin useamman osaston jätteiden kuljettamiseen. Mitatuista arvoista laskettiin keskiarvot sekä standardipoikkeamat hissikohtaisille työajoille sekä reittien kuljetus- ja pysähdysajoille (liite 4).

5.4 Rakenteen kuvaus

Mallin rakenteen kuvauksen helpottamiseksi ja ymmärtämiseksi rakenne jaoteltiin neljään osaan. Kukin osa kuvasi yhtä massojen liikuttamiseen käytettyä logistista reittiä, sen osia ja siinä käytettyjä parametrejä yksinkertaisella työnkulkukaaviolla. Kaaviota käytettiin apuna rakennettaessa yksityiskohtaista simuloitimaallia ED-ohjelmalla. Kuvassa 5 on esitetty työnkulkukaavio, joka kuvaa Kirran keski -vaiheen rakennetta.



KUVA 5. Kirran keski -vaiheen työnkulkukaavio

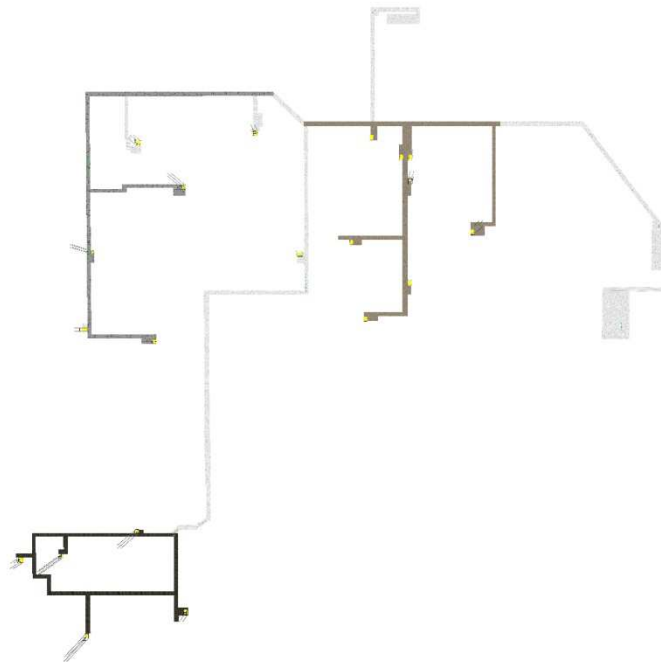
6 TYÖN SIMULOINTIMALLI

6.1 Rakenne

Malli koostui 330 atomista, joista 90:ää atomia käytettiin mallin visuaalisen ulkoasun parantamiseen. Mallin atomien toimintaa säädeltiin yli 1500 kirjoitetulla ohjelmakoodirivillä. Mallin rakenne jaettiin neljään osaan, joista jokainen osa kuvasi yhtä pilottiosastojen tuotteiden kuljetukseen käytettyä reittiä. Reitit oli yhdistetty toisiinsa reittiverkostolla. Reittiverkoston päätepisteinä toimivat järjestelmän keskuspesulaa ja jäteasemaa kuvaavat solut.

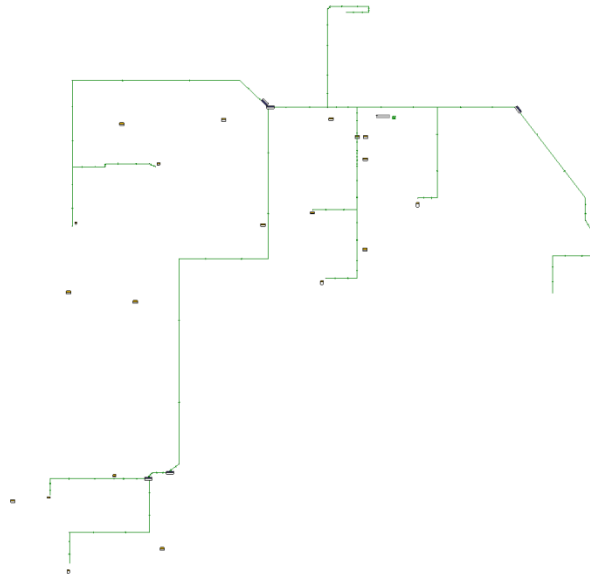
6.2 Perustuksen luominen

Malli lähdettiin rakentamaan luomalla runko logistisista reiteistä. Ensimmäiseksi malliin lisättiin visuaalisen ulkoasun saavuttamiseksi lattiat reiteille (kuva 6) . Lattiat kuvattiin VR Plane -atomeilla ja niiden sijoittelu sekä koko määritettiin OYS:n CAD-pohjakuvasta saaduilla mitoilla. Tarkasti mittojen mukaan kuvatuilla VR Plane -tasoilla helpotettiin myöhemmin tehtyä logististen reittien kuvausta ja hissien sijoittelua mallissa.



KUVA 6. Mallin runko kuvattuna ED-ohjelmalla(5)

Seuraavaksi malliin lisättiin reiteillä olevat hissit käyttäen Elevator-atomeita. Havainnollisuuden parantamiseksi reiteille lisättiin myös ne hissit, jotka eivät olleet mukana nykytilan selvityksessä, mutta kuuluivat silti reiteille, joita pitkin likapyykkien ja polttokelpoisten jätteiden massat liikkuvat. Elevator-atomeja ei yhdistetty mihinkään muuhun atomiin eikä niillä ollut toiminnallista tarkoitusta mallissa. Luotujen tasojen perusteella mallinnettiin tuotteiden kuljetukseen käytettävien trukkien kulkuverkko, joka on esitetty kuvassa 7.



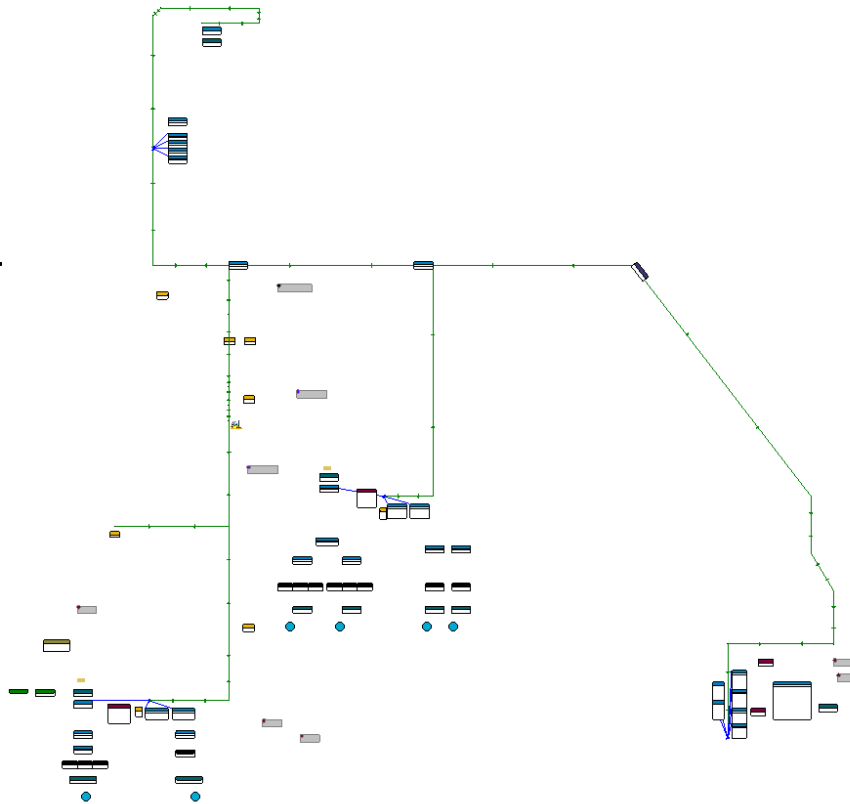
KUVA 7. Trukkien kulkuverkko kuvattuna ED-ohjelmalla

Reittikokonaisuuden mallinnuksen jälkeen työtä jatkettiin mallintamalla nykytilan selvityksessä esitellyt vaiheet reittipohjaan osakokonaisuuksina. Jakamalla malli neljään vaiheeseen helpotettiin kokonaisuuden mallinnusta ja verifiointia. Ensimmäiseen vaiheeseen käytettyjä rakenteita ja logiikkoja pystyttiin kopioimaan muihin vaiheisiin.

6.3 Kirurgian rakennusosa

Reitti (kuva 8) kuvasi OYS:n tunnelikerroksen kirurgian rakennusosaan kuuluvaa Kirran keski -vaihetta ja sen logistiikkaa. Reitille kuuluvia osastoja olivat Yhteispäivystys, Osasto 3 sekä Osasto 7. Reitti koostui 58 kappaleesta pelkästään reitin toimintoihin vaikuttavista atomeista sekä sen muihin simulointimallin osiin yhdistävästä reittiverkostosta, jäteasema- ja keskuspesulasolusta. Tuot-

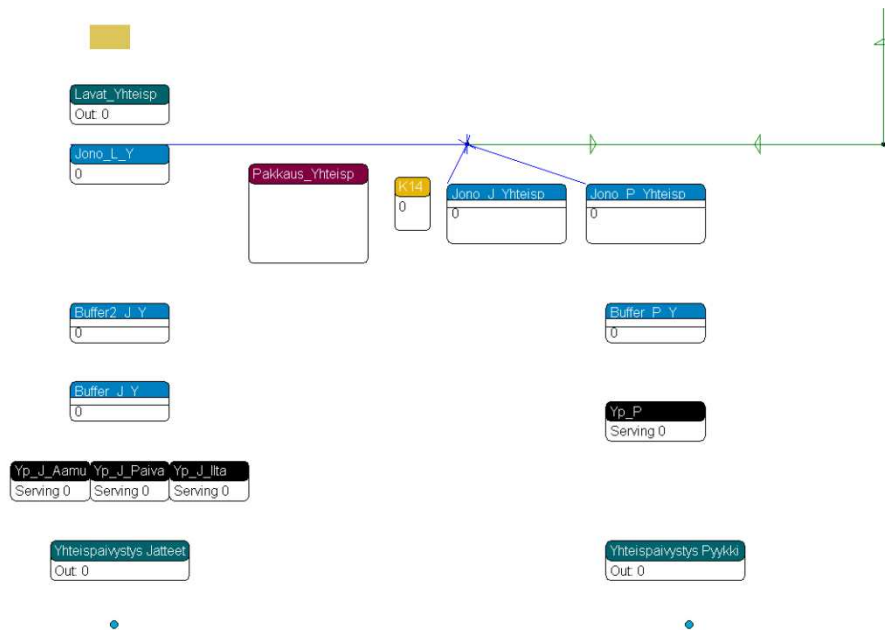
teet eli polttokelpoiset jätteet ja likapyykit syntyivät osastoilla, joista ne kuljetettiin reittiverkkoa pitkin käsittelypaikkoihinsa.



KUVA 8. Tunnelikerroksen Kirran keski -vaihe kuvattuna ED-ohjelmalla

6.3.1 Yhteispäivystys

Tuotteiden synty reitillä kuvattiin kahdella useista atomeista koostuvalla solulla. Ensimmäinen solu koostui 17 atomista ja se kuvasi yhteispäivystyksen tuotteiden syntyä (kuva 9). Yhteispäivystyksen tuotteiden synty- ja lastausprosessi kuvattiin käyttäen jono-, kokooja-, prosessointi- sekä tuotteiden saapumista sääteleviä atomeja. Kerättyjen lähtötietojen perusteella mallinnettiin prosessointiatomien avulla tuotteiden synty ja niiden jakaantuminen eri vuorokauden aikoina. Lisäksi tuotteiden lastausta varten malliin luotiin simuloinnin alussa kaksi kappaletta kuljetuslavoja kullekin osastolle. Kuljetuslavat kuvasivat järjestelmän reiteillä käytettyjä jätevaunuja.



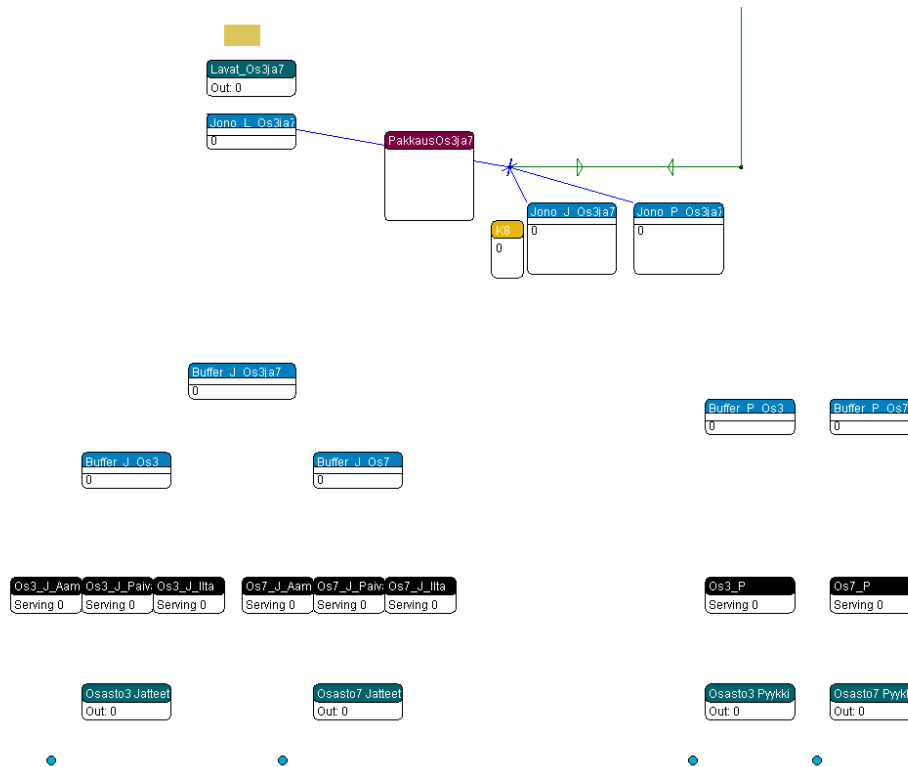
KUVA 9. ED-ohjelmalla mallinnettu yhteispäivystyksen tuotesolu

Tuotteiden synnyn jälkeen polttokelpoiset jätteet ohjattiin odottamaan lastausta välivarastona toimivaan jonoon. Mallin vaatiman ohjelmointilogiikan takia ja sen toimivuuden takaamiseksi välivarastona toimivia jonoja jouduttiin mallintamaan kaksi kappaletta ennen lastausta kuljetuslavoille. Välivarastointi ennen lastausta kuvasi tilannetta, jossa jätettä säilytettiin osaston jätehissin ala-aulassa. Polttokelpoisten jätteiden lastaus kuvattiin kokooja-atomilla, minkä jälkeen lastatut kuljetuslavat siirtyivät välivarastona toimivaan jonoon odottamaan noutoa. Likapyykkien synty kuvattiin suoraan rullakoilla, joten erillistä lastausta kuljetusyksikköön ei ollut tarpeen kuvata. Likapyykkirullakot siirtyivät suoraan välivarastojen kautta jonoon odottamaan noutoa. Alkutilanteessa noutojonot olivat suljettuja eikä niihin päässyt tuotteita. Tuotteiden pääsyä jonoihin hallittiin ajastetusti, siten että jonot aukesivat klo 7.00 ja klo 12.30 ja sulkeutuivat heti tuotteiden poistuttua jonoista.

6.3.2 Osastot 3 ja 7

Osastojen 3 ja 7 tuotteiden synty kuvattiin yhdellä 27 atomista koostuvalla solulla (kuva 10). Solun perusrakenne ja logiikka olivat identtisiä yhteispäivystyksen solun rakenteen kanssa. Eroavuutena rakenteessa oli kaksi toistensa kaltaista

tuotteiden syntyä kuvaavaa atomiryhmää, jotka kuvasivat kahden eri osaston tuotteita. Näiden osastojen tuotteet ohjattiin kuitenkin samoihin välivarastojonoihin odottamaan noutoa.



KUVA 10. ED-ohjelmalla mallinnettu Osasto 3 ja 7 -tuotesolu

Polttokelpoinen jäte ohjattiin odottamaan lastausta välivarastona toimivaan jonoon. Välivarastointi ennen lastausta kuvasi tilannetta, jossa jätettä säilytettiin osaston jätehuoneessa. Välivarastosta jätteet siirtyivät lastaukseen klo 07.00 ja klo 12.30 alkavien kierrosten alussa. Lastauksesta jätteet siirtyivät odottamaan noutoa välivarastona toimivaan jonoon. Likapyykkien synty oli identtinen yhteispäivystyksen solun kanssa.

6.3.3 Tuotteiden kuljetus ja purku

Tuotteiden kuljetuksen osastoilta niiden käsittelypaikkoihin hoiti yksi trukki. Trukki nouti arkipäivisin klo 7.00 ja klo 12.30 alkavilla vuoroilla jonoissa odottavat tuotteet jäteasemalle ja keskuspesulaan. Viikonloppuisin vuoro ajettiin vain kerran, klo 12.00 alkaen. Tuotteiden kuljetusjärjestys oli seuraava:

- polttokelpoisten jätteiden nouto yhteispäivystyksen jonosta
- polttokelpoisten jätteiden nouto osastojen 3 ja 7 jonosta
- polttokelpoisten jätteiden toimitus jäteasemalle
- tyhjennettyjen kuljetuslavojen toimitus takaisin osastoille
- likapyykin nouto yhteispäivystyksestä
- likapyykin nouto osastoilta 3 ja 7
- likapyykin toimitus keskuspesulaan.

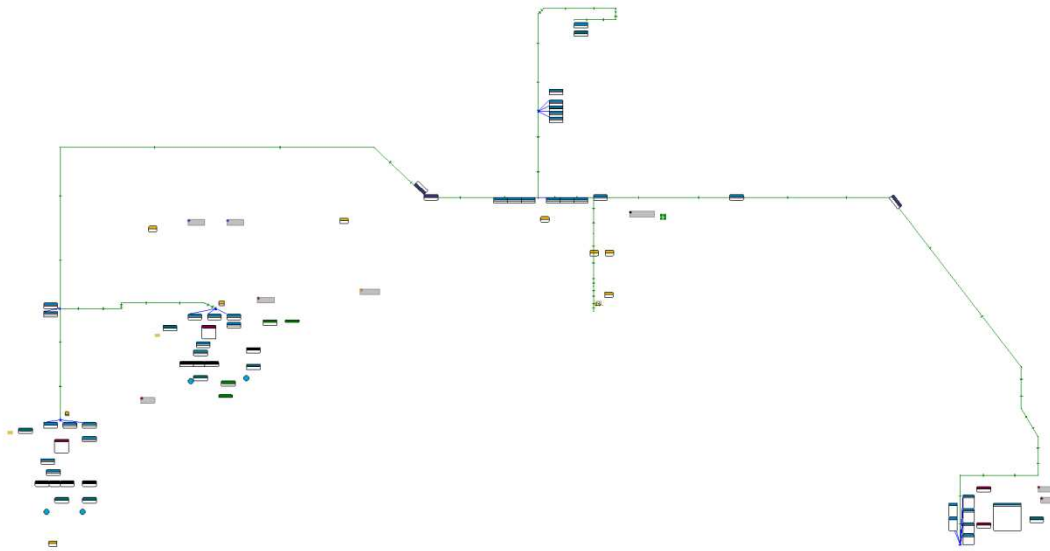
Yhteispäivystyksestä lastatut lavat kuljetettiin reitin varrella olevaan välivarastoon, joka kuvattiin jonolla. Jono kuvasi tilannetta, jossa trukki jätti kuljetuslavat odottamaan käytävän varrelle siksi aikaa kun osastoilta 3 ja 7 noudettiin jätteillä täytetyt lavat. Osastoilta 3 ja 7 lavojen noudon jälkeen lastattiin välivarastosta yhteispäivystyksen lavat kyytiin ja toimitettiin ne jäteasemalle. Lisäksi trukki palautti tyhjennetyt kuljetuslavat jäteasemalta osastoille.

Tyhjennettyjen lavojen palautuksen jälkeen trukki lastasi yhteispäivystyksestä syntyneet likapyykkirullakot kyytiin ja toimitti ne reitin varrella olevaan jonolla kuvattuun välivarastoon odottamaan osastojen 3 ja 7 likapyykkirullakkojen noutoa. Tämän jälkeen kaikki likapyykkirullakot toimitettiin osastoilta 3 ja 7 sekä välivarastosta keskuspesulaan. Arkipäivinä rullakot toimitettiin pesulaan asti ja viikonloppuina rullakot toimitettiin keskuspesulan käytävällä olevaan jonolla kuvattuun välivarastoon. Likapyykkirullakoiden toimituksen jälkeen trukki ajettiin takaisin lähtöasemaansa, mihin kierros päättyi.

Reaaliprosessissa tapahtuva tuotteiden lastaukseen kuluva aika osastoilla kuvattiin simulointimallissa trukin lastausaikana. Tämä aika sisälsi simulointimallissa jo tuotteiden syntyvaiheessa kuvatun jätteiden lastauksen kuljetuslavoille sekä vaunujen kiinnityksen trukkiin. Lastausaika vaihteli osasto- ja tuotekohtaisesti nykytilan selvityksestä saatujen lähtötietojen perusteella. Mallissa tuotteiden purkuajat jäteasemalla ja keskuspesulalla kuvattiin trukin purkuaikana nykytilanselvityksestä saatujen lähtötietojen perusteella. Liitteessä 2 on esitetty tuotteiden lastaus- ja purkuajat niiden käsittelypisteissä.

6.4 Naistentautien rakennusosa

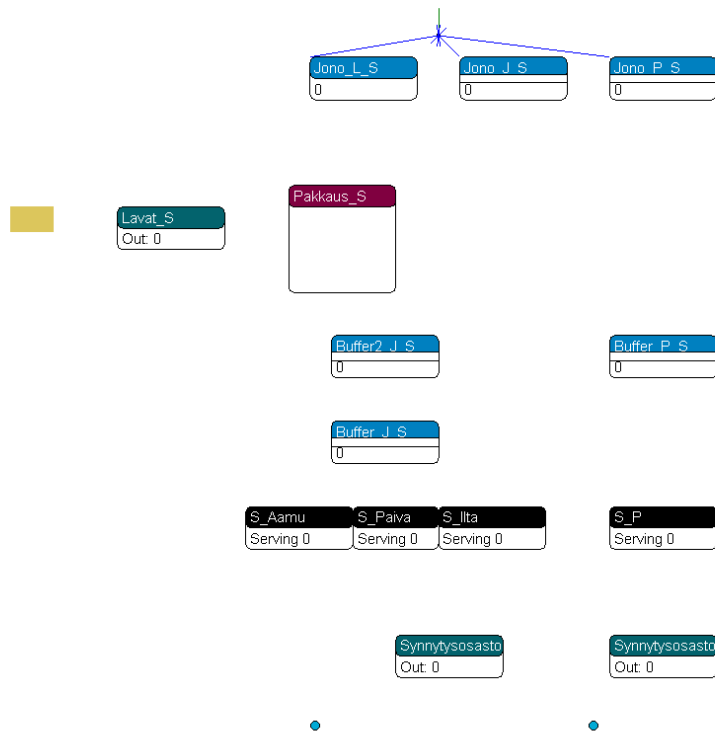
Reitti (kuva 11) kuvasi OYS:n tunnelikerroksen naistentautien rakennusosaan kuuluvaa N-vaihetta ja sen logistiikka. Reitille kuuluvia osastoja olivat synnytysosasto ja naistentautien leikkausosasto. Reitti koostui 44 pelkästään reitin toimintoihin vaikuttavasta atomista sekä sen muihin simulointimallin osiin yhdistävästä reittiverkostosta, jäteasema- ja keskuspesulasolusta. Tuotteet eli polttokelpoiset jätteet ja likapyykki syntyivät osastoilla, joista ne kuljetettiin reittiverkkoa pitkin välivarastojen kautta käsittelypaikkoihinsa. Reitin peruslogiikka oli sama kuin Kirran keski -vaiheeseen kuuluneella reitillä.



KUVA 11. Tunnelikerroksen N-vaihe kuvattuna ED-ohjelmalla

6.4.1 Synnytysosasto

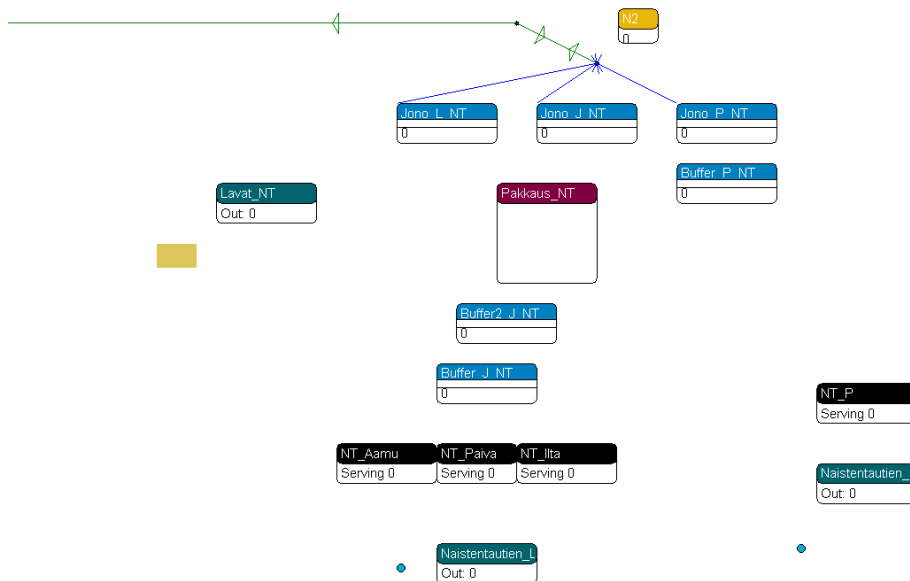
Synnytysosaston tuotteiden synty kuvattiin 17 atomista koostuvalla solulla (kuva 12). Solun peruslogiikka oli identtinen yhteispäivystyksen tuotesolun kanssa. Polttokelpoinen jäte ohjattiin syntymisen jälkeen välivarastoon odottamaan lastausta kuljetuslavoille. Jätteiden lastaus lavoille tapahtui klo 07.00 ja klo 12.30 alkavien kierrosten alussa. Lastauksen jälkeen jätteet siirtyivät odottamaan noutoa välivarastona toimivaan jonoon. Osastolla syntyvät likapyykkirullakot ohjattiin välivarastojonon kautta suoraan noutojonoon.



KUVA 12. ED-ohjelmalla mallinnettu synnytysosaston tuotesolu

6.4.2 Naistentautien leikkausosasto

Naistentautien leikkausosaston tuotteiden synty kuvattiin 17 atomista koostuvala solulla (kuva 13). Solun peruslogiikka oli identtinen yhteispäivystyksen tuotesolun kanssa. Osastolla tuotteita eli polttokelpoista jätettä ja likapyykkiä syntyi vain arkipäivinä. Viikonloppuisin osasto oli suljettu. Osaston kiinniolo viikonloppuisin kuvattiin simulointimallissa tuotteiden syntymistä säätelevän atomin logiikassa, jossa tuotteita syntyi 0 kappaletta viikonloppuisin. Myös pyykkirullakoiden synty osastolla oli rajattu ainoastaan arkipäiville. Syntyneet likapyykkirullakot siirtyivät yhteispäivystyksen tuotesolun peruslogiikan tavoin suoraan välivarastojen kautta noutojonoon.



KUVA 13. ED-ohjelmalla mallinnettu naistentautien leikkausosaston tuotesolu

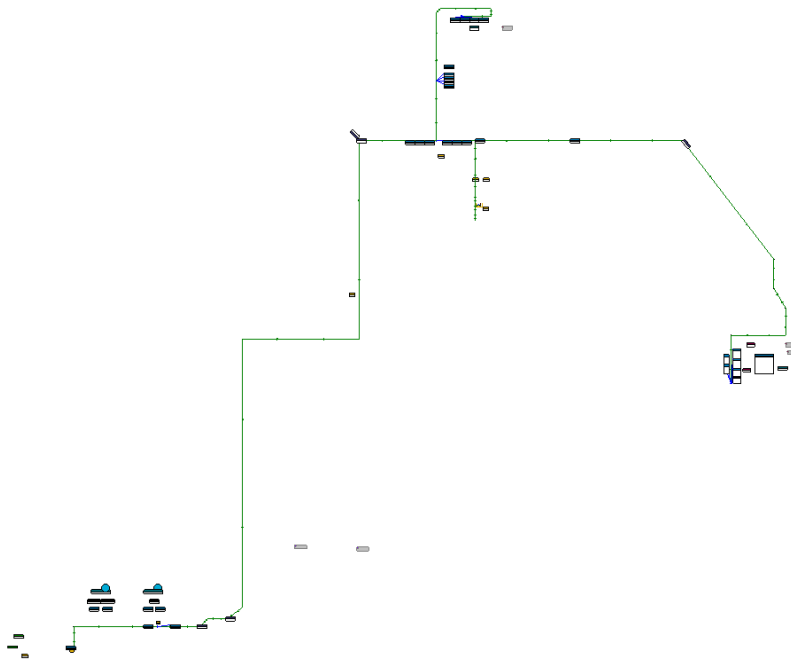
6.4.3 Tuotteiden kuljetus ja purku

Reitin tuotteiden nouto, kuljetus ja purku noudattivat samaa logiikkaa kuin Kirran keski -vaiheen reitti. Reitin logistiikka hoidettiin yhdellä trukilla. Tuotteet noudettiin jonoista, mistä ne kuljetettiin välivarastojen kautta käsittelypaikkoihin. Poikkeuksena reitillä oli että naistentautien leikkausosaston tuotesolun tuotteita ei syntynyt eikä kuljetettu viikonloppuisin. Reaaliprosessin tuotteiden lastaus- ja purkuajat kuvattiin simulointimallissa trukin lastaus- ja purkuajoilla. Tuotteiden kuljetusjärjestys reitillä oli seuraava:

- polttokelpoisten jätteiden nouto naistentautien leikkausosaston jonosta
- polttokelpoisten jätteiden nouto synnytysosaston jonosta
- polttokelpoisten jätteiden toimitus jäteasemalle
- tyhjennettyjen kuljetuslavojen toimitus takaisin osastoille
- likapyykin nouto naistentautien leikkausosaston jonosta
- likapyykin nouto synnytysosaston jonosta
- likapyykin toimitus keskuspesulaan.

6.5 Lastenklinikan rakennusosan N-vaihe

Reitti (kuva 14) kuvasi OYS:n tunnelikerroksen N-vaiheeseen kuuluvaa lastenklonikan rakennusosan tuotteiden logistiikkaa. Reitille kuuluva osasto oli lasten-tautien poliklinikka. Reitti koostui 22 pelkästään reitin toimintoihin vaikuttavasta atomista sekä sen muihin simulointimallin osiin yhdistävästä reittiverkostosta, jätteasema- ja keskuspesulasolusta. Tuotteet eli polttokelpoiset jätteet ja lika-pyykki syntyivät osastoilla, joista ne kuljetettiin reittiverkkoa pitkin välivarastojen kautta käsittelypaikkoihinsa.

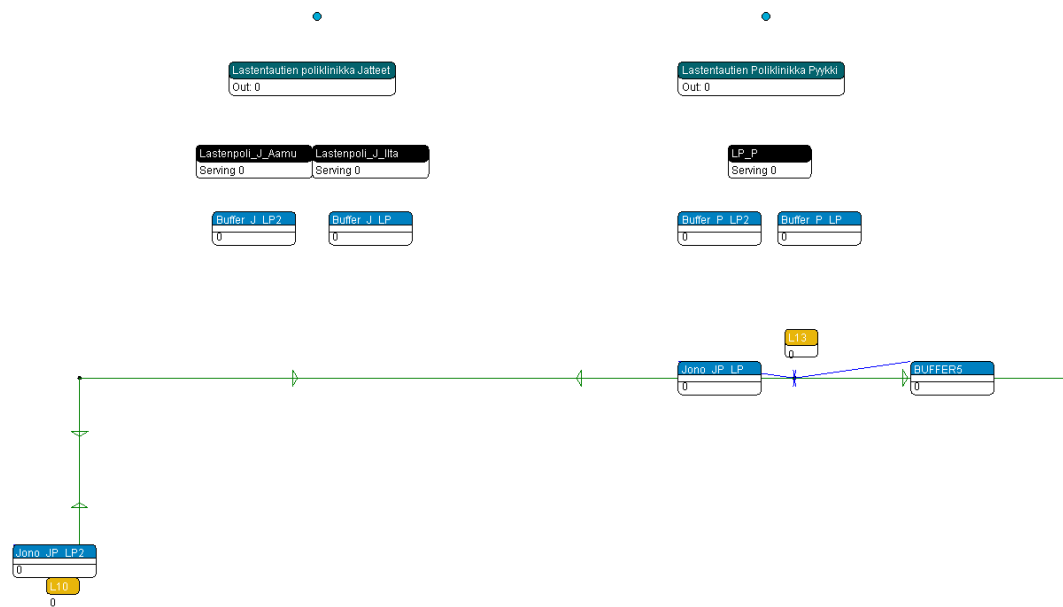


KUVA 14. Lastentautien poliklinikan reitti kuvattuna ED-ohjelmalla

6.5.1 Lastentautien poliklinikka

Lastentautien poliklinikan tuotteiden synty kuvattiin 14 atomista koostuvalla so-lulla (kuva 15). Polttokelpoisen jätteen synty osastolla oli jaettu kahteen vuoro-kaudenosaan, aamuun ja iltaan . Vuorokausijako perustui klo 11.00 alkavaan kierrokseen reitillä. Osasto poikkesi toisista tuotesoluista myös tuotteiden väli-varastoon siirtymisen osalta. Lastentautien poliklinikassa syntyviä tuotteita kul-jetettiin tunnelikerrokseen kahdella eri hissillä. Simulointimallissa tämä kuvattiin tuotteiden siirtymisellä niiden syntymisen jälkeen kahteen eri välivarastojonoon

ja näistä kahteen eri hissien luona olevaan noutojonoon. Osaston solussa tuotteita ei lastattu kuljetuslavoille vaan tuotteet siirtyivät suoraan noutojonoihin.



KUVA 15. ED-ohjelmalla mallinnettu lastentautien poliklinikan tuotesolu

6.5.2 Tuotteiden kuljetus ja purku

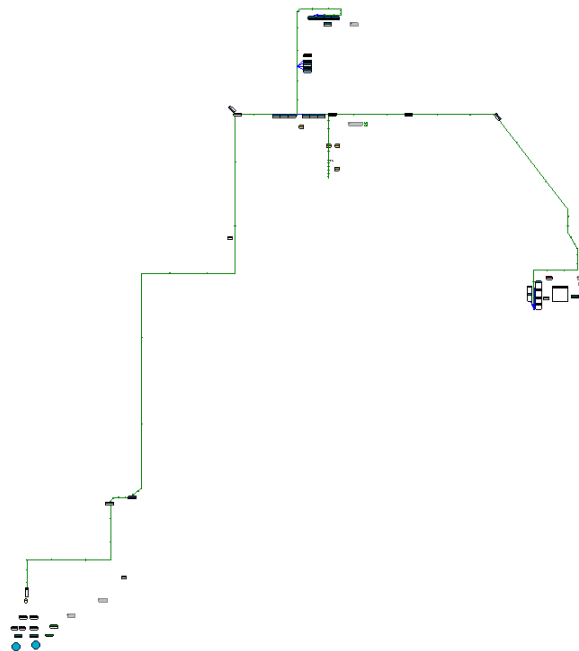
Tuotteiden kuljetuksen reitillä hoiti yksi trucki. Reaaliprosessissa reitin ajava trucki oli sama kuin N-vaiheen reitillä eli synnytysosasto tuotesolun ja naisten tautien leikkausosaston tuotesolun tuotteiden kuljetuksessa toimiva trucki. Simulointimallissa ohjelmoinnin helpottamiseksi reitti kuvattiin erillistä truckia käyttäen. Reaaliprosessissa klo 11.00 alkavan vuoron alussa trucki toimitti tyhjät lavat osastolle seuraavaa kierrosta varten. Näin polttokelpoisen jätteen purkamisen jälkeen jäteasemalta ei ollut tarvetta palauttaa lavoja osastolle. Mallissa simuloinnin yksinkertaistamiseksi reitin logistiikasta poistettiin kuljetuslavojen käyttö kokonaan. Sama vuorologiikka oli voimassa jokaisena viikonpäivänä.

Hissien luona olevista noutojonoista trucki kuljetti yhdellä kertaa sekä polttokelpoiset jätteet että likapyykkirullakot keskuspesulan käytävän alussa olevaan välivarastoon. Tämän jälkeen likapyykit toimitettiin ensin keskuspesulaan, arkipäivinä keskuspesulaan asti ja viikonloppuisin pesulan käytävälle. Pyykkien

toimittamisen jälkeen trucki nouti polttokelpoiset jätteet välivarastosta ja toimitti ne jäteasemalle. Jätteiden toimituksen jälkeen trucki ajettiin lähtöasemaan.

6.6 Lastenklinikan rakennusosan S-vaihe

Reitti (kuva 16) kuvasi OYS:n tunnelikerroksen S-vaiheeseen kuuluvaa lasten-klinikan rakennusosan tuotteiden logistiikkaa. Reitille kuului osasto 55. Reitti koostui 16 pelkästään reitin toimintoihin vaikuttavasta atomista sekä sen muihin simulointimallin osiin yhdistävästä reittiverkostosta, jäteasema- ja keskus-pesulasolusta. Tuotteet eli polttokelpoiset jätteet ja likapyykki syntyivät osastoil-la, joista ne kuljetettiin reittiverkkoa pitkin välivarastojen kautta käsittelypaik-koihinsa.

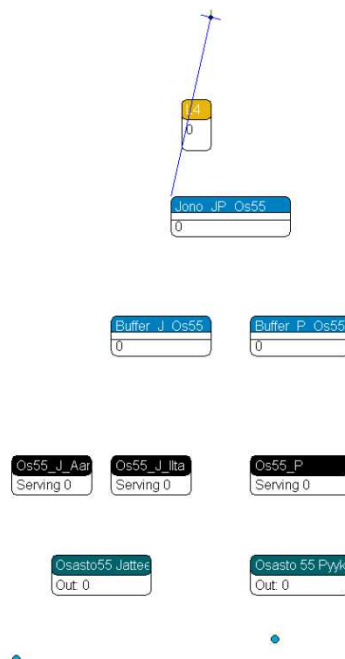


KUVA 16. Osasto 55 -solun reitti kuvattuna ED-ohjelmalla

6.6.1 Osasto 55

Osasto 55:n tuotteiden synty kuvattiin 10 atomista koostuvalla solulla (kuva 17). Polttokelpoisen jätteen synty osastolla jaettiin kahteen vuorokauden osaan, aamuun ja iltaan. Vuorokausijako perustui klo 11.00 alkavaan tuotteiden nouto-kierrokseen reitillä. Likapyykkien syntyminen osastolla kuvattiin mallissa yhden vuorokauden mittaisella jaksolla. Tuotteet siirtyivät syntymisen jälkeen väli-Varastojen kautta noutojonoon odottamaan kuljetusta. Osaston solussa tuotteita ei

lastattu kuljetuslavoille vaan tuotteet siirtyivät suoraan noutojonoihin. Sekä likapyykit että polttokelpoiset jätteet ohjattiin samaan noutojonoon.



KUVA 17. ED-ohjelmalla mallinnettu osasto 55:n tuotesolu

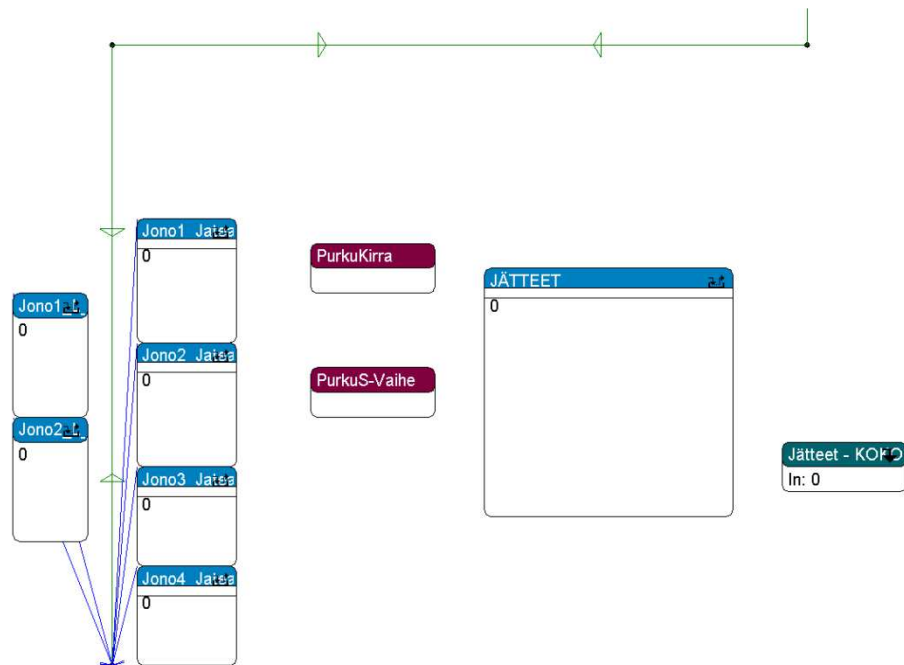
6.6.2 Tuotteiden kuljetus ja purku

Tuotteiden kuljetuksen reitillä hoiti yksi trukki. Trukki nouti klo 11.00 alkavalla vuorolla tuotteet noutojonosta ja toimitti ne keskuspesulan käytävän alussa olevaan välivarastoon. Tämän jälkeen likapyykit toimitettiin ensin välivarastosta keskuspesulaan. Arkipäivinä ne toimitettiin keskuspesulaan asti ja viikonloppuisin pesulan käytävälle. Pyykkien toimittamisen jälkeen trukki nouti polttokelpoiset jätteet välivarastosta ja toimitti ne jäteasemalle. Jätteiden toimituksen jälkeen trukki ajettiin lähtöasemaan.

6.7 Jäteasema

Simulointimallin jäteaseman solu koostui 10 atomista (kuva 18). Solu sisälsi jokaisen mallin reitin purkujonon. Kirran keski ja N-vaiheen reiteiltä purkujonoihin saapuivat polttokelpoisella jätteellä lastatut kuljetuslavat. Lastatut lavat siirtyivät purkujonoista tuotteiden purkuuihin, jotka kuvattiin purkuatomeilla. Lavojen

purku trukista purkujonoihin kuvasi reaali prosessissa tapahtuvaa jätevaunujen tyhjennystä jäteasemalla. Tuotteiden purusta tyhjentyneet kuljetuslavat siirtyivät odottamaan välivarastona toimiviin jonoihin. Polttokelpoiset jätteet siirtyivät purkuatomista reittien yhteiseen välivarastojonoon. Tällä välivarastojonolla kuvattiin reaali prosessissa jäteasemalla olevia jätetäjäpuristimia. Kirran keski ja N-vaiheen trukkien purettua lastinsa ne kuljettivat oman reittinsä tyhjät kuljetuslavat jonoista takaisin osastoille. N-vaiheen ja S-vaiheen lasten klinikan rakennusosan reittien jätteitä ei pakattu mallissa kuljetuslavoille. Reittien jätteet toimitettiin jäteasemalla purkujonoihin, joista jätteet siirtyivät suoraan yhteiseen välivarastojonoon.

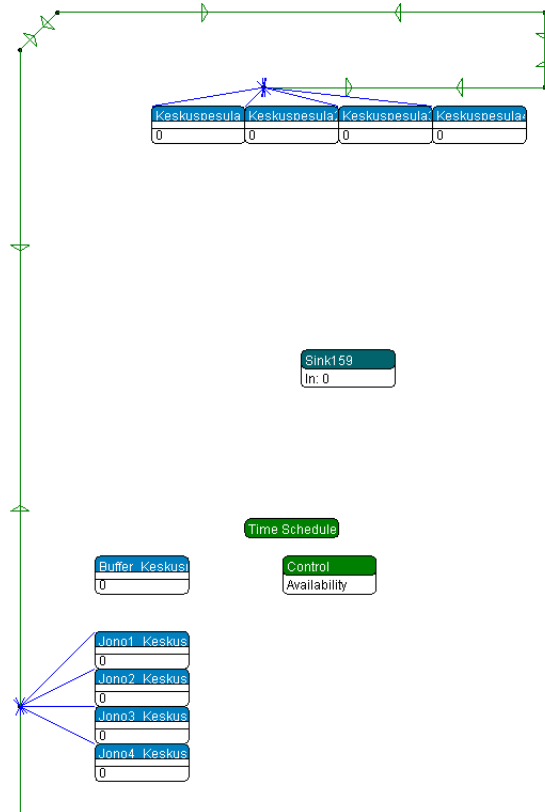


KUVA 18. ED-ohjelmalla mallinnettu jäteaseman solu

6.8 Keskuspesula

Mallinnettu keskuspesulan solu koostui 12 atomista (kuva 19). Solussa osastoilta noudetut likapyykkirullakot saapuivat reiteiltä jonoihin, jotka kuvasivat likapyykkirullakoiden varastointia pesulan käytävällä sekä likapyykkirullakoiden varastointia itse pesulassa. Keskuspesulan toiminta rajoittui arkipäiviin. Arkipäivinä trucki toimitti rullakot suoraan keskuspesulaan asti. Viikonloppuisin pesulan ollessa kiinni rullakot jätettiin pesulan käytävälle. Mallissa pesulan aukioloa ja kiinnioloa kuvattiin säätelemällä jonojen aukioloja käytettävyyssatomilla ja siihen

liitettyllä aikatauluatomilla. Reaaliprosessissa käytävälle viikonloppuna jätetyt rullakot toimitettiin keskuspesulaan kuljetushenkilöiden toimesta maanantain aikana. Mallissa tämä prosessi kuvattiin tuotteiden siirtymisenä pois käytävän jonoista maanantaina klo 14.00.



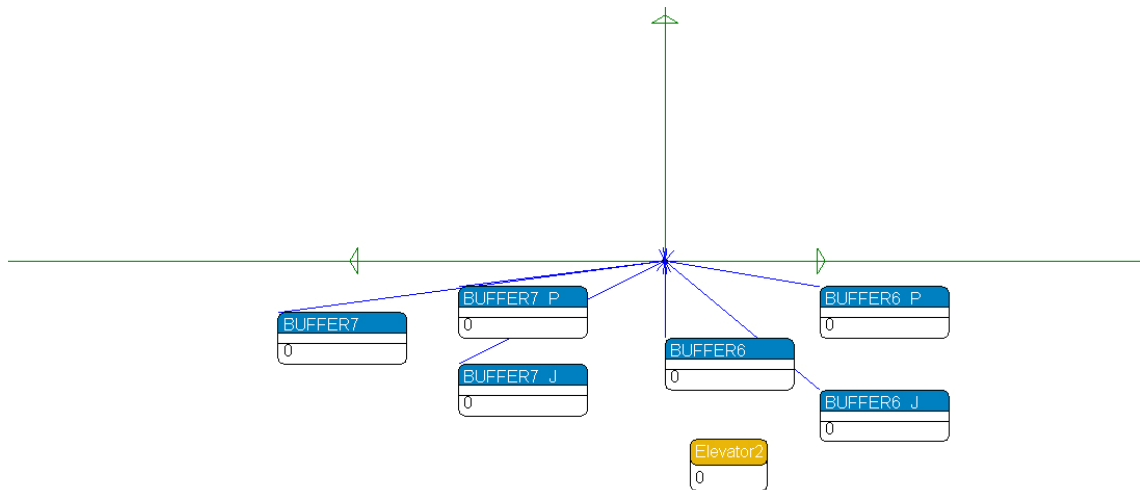
KUVA 19. Tuotteiden purku keskuspesulaan mallinnettuna ED-ohjelmalla

6.9 Reittien välivarastot

Logistisia virtauksia kuvaavien reittien varrelle mallinnettiin välivarastot. Välivarastoilla kuvattiin reaaliprosessissa tapahtuvaa jätevaunujen ja likapyykkirullakoiden jättämistä tunnelikerroksen käytävien risteysalueille. Hissien tilat tunnelikerroksessa olivat ahtaita, joten jättämällä vaunut ja rullakot risteysalueisiin helpotettiin hissien luona olevien vaunujen ja rullakoiden noutoa.

Kuvassa 20 on esitetty S- ja N-vaiheen lastenklinikan reiteille kuuluvat välivarastot. Välivarastot sijaitsivat keskuspesulan käytävän risteyksessä. Trukit toimittivat pyykkirullakot ja jätevaunut risteykseen, jossa jätevaunut irrotettiin trukkien perästä. Vaunujen irrotuksen jälkeen kyytiin jääneet pyykkirullakot toimitettiin keskuspesulaan tai sen käytävälle. Rullakoiden toimituksen jälkeen trukit

noutivat risteykseen jätetyt jätevaunut ja toimittivat ne jäteasemalle purkua varten. Simulointimallissa S- ja N-vaiheen lastenklinikan reiteillä jätevaunuja ei mallinnettu mallin yksinkertaistamiseksi. Mallissa vaunujen jättäminen välivarastoihin kuvattiin jättämällä polttokelpoisia jätteitä kuvaavat atomit välivarastoihin.



KUVA 20. S- ja N-vaiheen lastenklinikan reittien välivarastot mallinnettuna ED-ohjelmalla

6.10 Mallin vuorojärjestelmä

Nykytilan selvityksessä ilmi tulleen reaali-prosessin vuorojärjestelmän ja osastojen aukioloaikojen kuvaamiseen käytettiin aikataulu- ja käytettävyyssatomeja. Atomien avulla pystyttiin säätelemään osastojen jonojen aukioloja. Lisäksi vuorojärjestelmän mallinnukseen tarvittiin tapahtumat-atomiin ohjelmoituja tapahtumia, joissa vapautettiin kuljetuslavat lastaukseen vuorojen alussa. Mallin toteutukseen tarvittiin yhteensä 13 tällaista atomia.

6.11 Työn dokumentointi

Tutkimuksesta ei ole laadittu erillistä projektidokumentointia. Projektin dokumentointiin käytettiin nykytilan selvityksestä laadittua projektisuunnitelmaa sekä sen aikataulutusta. Mallinnuksen aikana laadittiin ohjelmadokumentointi, joka

selittää mallin sekä sen sisältämien atomien toiminnan. Projektin loppuraporttina toimi tämä insinöörintyön dokumentti.

6.12 Työn oikeellisuus

Simuloinnin oikeellisuuden tarkistusta tehtiin koko työn laatimisen ajan. Mallin yksittäisten elementtien toiminta varmistettiin visuaalisella sekä tuloksiin perustuvalla tarkastelulla. Elementtien toiminta varmistettiin syöttämällä niihin yksinkertaisia vakioarvoja, joiden avulla pystyttiin varmistamaan niistä saatava tulosten oikeellisuus. Yksittäisten elementtien oikeellisuuden tarkistuksen jälkeen elementit liitettiin toisiin mallin elementteihin ja näiden liitosten toiminta varmistettiin.

Järjestelmän mallintamiseen tarvittiin paljon kirjoitettua ohjelmakoodia. Ohjelmakoodin tarkistaminen suoritettiin visuaalisesti tarkastelemalla mallin toimivuutta, ED-ohjelman ohjelmakoodin tarkistustyökalun avulla sekä järjestelmällisellä koodin läpikäymisellä. Tarkistustyökalun avulla varmistettiin ohjelmakoodin kirjallinen oikeellisuus sitä kirjoitettaessa. Ohjelmakoodin toiminnallinen oikeellisuus varmistettiin visuaalisesti havainnoimalla mallin animaatioita simulointiajojen aikana.

Simulointimallin kokonaisuuden oikeellisuus varmistettiin vertailemalla mallista saatuja tuloksia nykytilan selvityksestä saatuihin tuloksiin. Tulosten vertailu on esitetty liitteessä 5. Tulosten vertailussa tarkasteltiin syntyneiden polttokelpoisten jätesäkkien ja likapyykkirullakoiden määrää viikon jaksossa. Säkkien ja rullakoiden määrästä pystyttiin varmistamaan mallin toiminta, minkä jälkeen osastoilla syntyneitä massoja verrattiin nykytilan selvityksen tuloksiin. Osastoilla syntyneitä polttokelpoisen jätteen ja likapyykin massoja (kg) vertailtiin vuoden jaksossa. Polttokelpoisen jätteen massojen tulosten vastaavuudessa päästiin hyvään 0,1 prosentin eroavuuteen tulosten arvoissa, kun simulointiajoa toistettiin sata kertaa. Likapyykin eroavuus oli 12 prosenttia, sillä mallin tulosten tarkkuutta heikensivät malliin syötetyt epätarkemmat nykytilan selvityksestä saadut likapyykin lähtötiedot. Etenkin lastentautien poliklinikan lähtötiedot olivat heikot, mikä heikensi vastaavuutta likapyykin osalta kuudella prosentilla.

7 TYÖN TULOKSET

7.1 Työn tavoitteiden tulokset

Työn tavoitteeksi asetettiin mahdollisimman realistisen ja visuaalisen simulointimallin luominen OYS:n jätelogistiikan nykytilasta. Mallista voitiin havainnoida reittien työnkulku ja osastoilla syntyvät massat. Polttokelpoisten jäte- ja likapyykkimassojen määrät sekä niiden kuljetuksessa käytetyt reitit mallinnettiin onnistuneesti. Polttokelpoisten jätteiden osalta järjestelmän ja mallin tulosten erossa päästiin hyvään tarkkuuteen. Likapyykkimassojen tulosten ero oli suurempi, mikä johtui likapyykkien heikommista lähtötiedoista. Mallinnuksessa onnistuttiin kuvaamaan viikonpäivien vaikutus järjestelmään sekä sen yksittäinen suurin pullonkaula, joka syntyi keskuspesulan käytävälle.

Työjärjestyksen mallinnuksessa ei päästy täydelliseen vastaavuuteen nykytilan kuvauksessa havaitun kanssa, sillä mallin rakentamiseen tarvittava aika ei riittänyt täydellisen vastaavuuden saavuttamiseen. Etenkin mallin virheiden korjaamiseen tarvittu aika oli pitkä, sillä yksittäisiä virheitä oli mallin kokonaisuudesta hankala löytää ja korjata. Naistentautien rakennusosan ja kirurgian rakennusosan reiteillä poikkeama oli pyykkirullakoiden noudossa, joka tapahtui järjestelmässä osastojen jätevaunujen palautuksen yhteydessä. Mallissa likapyykkirullakot noudettiin osastoilta vasta jätevaunujen palautuksen jälkeen. Lastenkliniikan rakennusosan reittien kuvauksessa mallinnuksesta jätettiin ajan säästämiseksi jätevaunujen käyttö pois kokonaan. Mallin ja sen kuvaaman järjestelmän reittien kokonaisaikojen ero oli poikkeamista huolimatta kuitenkin pieni.

7.2 Simuloinnin käytettävyys sairaalaympäristössä

Simulointimallin rakentaminen vaatii sen kuvaaman järjestelmän ymmärtämistä. Mallinnuksen lähtötietojen keräämiseen on varattava aikaa ja projektiin on sidottava järjestelmän tuntevia henkilöitä. Mitä enemmän järjestelmässä on satunnaismuuttujia, sitä monimutkaisemmaksi mallinnustyö käy. Jotta simulointimallinnuksesta saataisiin paras mahdollinen hyöty sairaalaympäristössä, on tutkit-

tava tarkkaan, mitä sen avulla halutaan selvittää ja millaiset tavoitteet tutkimukselle asetetaan.

Visuaalisen havainnoinnin työkaluna simulointimallinnus on työläs ja paljon aikaa vievä prosessi, jonka vaatimat työpanokset ylittävät tuloksista saadut hyödyt. Sairaalaympäristössä simuloinnissa tulisi keskittyä visuaalisuuden sijaan esimerkiksi resurssien suunnitteluun. Resurssien suunnittelussa simulointia voidaan käyttää muun muassa logistiikan tulevaisuuden tarpeiden ennustamiseen ja niihin varautumiseen. Jätelogistiikassa sen käyttökohteena voisi olla tila- ja resurssitarpeiden ennustaminen kasvaneella jätekuormalla. Simuloinnin perinteisistä käyttökohteista esimerkiksi jonotusaikojen tarkastelu ja analysointi sekä varaston riiton ja läpäisyajojen arviointi sopivat myös sairaalaympäristöön. Esimerkiksi osastojen lääkevarastojen täydennyksen optimoimisessa simulointi voisi olla hyödyllinen työkalu sairaalan nykytilanteessa sekä tulevaisuudessa.

7.3 Mallin jatkokehitys

Mikäli työssä laadittua simulointimallia haluttaisiin käyttää sairaalan polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien logistiikan resurssitarpeiden arviointiin tulevaisuudessa, olisi sen sisältämät jätteiden lastausajat sidottava suoraan tuotteiden määrään. Simulointimallissa tuotteiden määrät eivät vaikuttaneet lastausaikoihin, sillä ne kuvattiin mallinnusajan säästämiseksi hissikohtaisilla satunnaisajoilla. Sitomalla ajat tuotemääriin voitaisiin arvioida lisääntyneiden massojen vaikutuksia logistisilla reiteillä. Mallinnusta voitaisiin käyttää myös osastojen jätehuoneiden tilakapasiteettien tarkasteluun, jolloin voitaisiin tarkastella muuttuneiden massojen vaikutuksia käytettävissä oleviin tilaresursseihin ja varautumaan muutosten mahdollisesti aiheuttamiin ongelmiin.

8 LOPPUSANAT

Opinnäytetyön aiheena oli jätelogistiikan simulointi sairaalaympäristössä. Työn aikana havaittiin, että järjestelmän simulointimallinnus on vaativa prosessi mitä monimutkaisempaa järjestelmää mallinnetaan. ED-ohjelman avulla voidaan kuvata monimutkaisia järjestelmiä, mutta mallintaminen vaatii sen tekijältä kokemusta ohjelman ja sen ohjelmointikielen käytöstä. Työn tulosten saavuttaminen ED-ohjelmalla oli aikaa vievä prosessi. Oulun ammattikorkeakoulun ohjelmaversio oli vuodelta 2009, minkä jälkeen ohjelmaan on tullut paljon erilaisia virheidenkorjauksia ja parannuksia. Koulun ohjelmaversiota vaivasivat monet turhauttavat, mallinnusta monimutkaistavat ja ohjelman käytettävyyttä heikentävät virheet, jotka lisäsivät mallinnuksen vaatimaa aikaa.

Järjestelmää visuaalisesti vastaavan simulointimallin saavuttaminen vei paljon aikaa. Mallinnuksessa eniten aikaa käytettiin simulointimallissa olevien trukkien ja mallin kuvaaman järjestelmän trukkien toiminnan vastaavuuden varmistamiseen. Mallin visuaalinen ulkoasu vaati sen, että trukkien toiminta mallissa vastasi mahdollisimman hyvin niiden toimintaa järjestelmässä. Mikäli visuaalisuutta olisi yksinkertaistettu ja trukit olisi jätetty mallista pois, olisi säästetty arviolta noin puolet mallinnukseen käytetystä ajasta. Trukkien poisto olisi vähentänyt myös kirjoitetun ohjelmakoodin määrää. Virheentarkistuksessa mallin visuaalisuudesta oli hyötyä. Useat pienet virheet olisivat jääneet havaitsematta, jos trukkien toimintaa ei olisi voitu seurata havainnoimalla mallinnuksen aikana.

Mallinnukseen kulunutta aikaa lisäsi myös mallinnuksessa käytetyn ED-ohjelman vähäinen käyttökokemus. Ammattikorkeakoulussa simulointiin ja ohjelman käyttöön liittyviä kursseja oli vain yksi. Kurssin aikana käytiin läpi simuloinnin sekä ED-ohjelman perusteet, mutta työn vaatimaan mallinnuksen tasoon sen antama koulutus oli riittämätön. Mallinnuksen aikana jouduttiin opettelemaan paljon ohjelman käyttöä. ED-ohjelman valmistajan sivuilta löytyvästä ED-yhteisöstä (10) oli mallinnuksessa suuri hyöty. Yhteisön sivuilta löytyi mallinnukseen liittyviä ongelmia ja kysymyksiä sekä niiden vastauksia.

Työ opetti, että simuloinnissa lähtötietojen keräykseen ja sen suunnitteluun käytetyllä ajalla voidaan parantaa mallinnuksen onnistumista. Mitä paremmin tietojen keräys on suunniteltu ja toteutettu sitä helpompaa on mallin rakentaminen. Työn lähtötietojen keräykseen käytetty aika olisi pitänyt olla pidempi. Viikon mittainen seurantajakso polttokelpoisten jätteiden ja likapyykkien massoista sekä niiden käsittelemiseen käytetyistä ajoista oli lyhyt. Jos työssä olisi tutkittu erilaisia vaihtoehtoja pilottiosastojen logistiikalle, olisi lähtötietojen keräykseen käytetyn ajan tullut olla vähintään kahden viikon mittainen. Tällöin tiedoista olisi voitu mallintaa tarkemmat ja yksityiskohtaisemmat tulokset.

Työn aikana havaittiin, että OYS:n tilat eivät vastaa nykyisen jätelogistiikan tarpeita. Simuloinnin avulla voidaan arvioida logistiikan vaatimia tilatarpeita tulevaisuudessa nykyisellä työmallilla ja nykyisin käytettävissä olevalla rakenteella. Suurin hyöty simuloinnilla saavutettaisiin suunniteltaessa uusia tiloja ja ratkaisuja niiden logistiikan hoitamiseen, sillä logistiikassa ilmenneisiin ongelmiin voitaisiin puuttua ja etsiä niille ratkaisuja tilojen suunnitteluvaiheessa.

LÄHTEET

1. Tilinpäätös ja toimintakertomus. 2012. PPSHP. Saatavissa: http://www.ppshp.fi/tietoa_toiminnasta/prime104.aspx. Hakupäivä 11.4.2014.
2. Keskitalo, Pasi. Tekniikan vastualueen johtaja, PPSHP. Esitys. Saatavissa: http://www.ppshp.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/npp/embeds/88dc9ad73eb729549c9b72e1d9c1cab1377b7bd8.pdf . Hakupäivä 10.5.2014.
3. Hokkanen, Simo – Karhunen, Jouni – Luukkainen, Martti 2010. Johdatus logistiseen ajatteluun. 5. uudistettu painos. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
4. Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
5. Incontrol Simulation Solutions. 2014. Enterprise Dynamics. Saatavissa: <http://www.incontrolsim.com>. Hakupäivä 11.4.2014.
6. Incontrol Simulation Solutions. 2014. Pedestrian Dynamics. Saatavissa: <http://www.pedestrian-dynamics.com>. Hakupäivä 11.4.2014.
7. Haapola, Minna 2014. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
8. Jaakko, Nivala 2014. Ison sairaalakeskuksen jätteiden logistiset virtaukset. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://www.theseus.fi/handle/10024/74836>. Hakupäivä 28.5.2014.
9. Seppänen, Aki 2014. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
10. Incontrol Community. 2014. Enterprise Dynamics Forum. Saatavissa: <http://community.incontrolsim.com/>. Hakupäivä 28.5.2014

KIRRRAN KESKI -VAIHE							
<i>Matka ja siihen kulutettu aika (koko reitti)</i>				<i>Työajat käsittelypisteissä</i>		<i>Ajat yhteensä</i>	
mistä	minne	Aika (s)	Matka (m)	Piste	Aika (s)		
Hissi K16	Yhteispäivystys	54	98	Yhteispäivystys	263,00	matkat (s)	856,00
Yhteispäivystys	Os. 3 ja 7	147	266	Os. 3 ja 7	447,00	työt (s)	1242,00
Os. 3 ja 7	Jäteasema	160	290	Jäteasema	325,00		
Jäteasema	Os. 3 ja 7	160	290	Os. 3 ja 7	80,00		
Os. 3 ja 7	Yhteispäivystys	147	266	Yhteispäivystys	41,00		
Yhteispäivystys	Keskuspesula	121	219	Keskuspesula	86,00		
Keskuspesula	Hissi K16	67	121				
YHTEENSÄ: (s) (m)		856,00	1550	Yhteensä: (s)	1242,00	(S):	2098,00
YHTEENSÄ: (min)		14,27		Yhteensä: (min)	20,70	(min):	34,97

N-VAIHE							
<i>Matka ja siihen kulutettu aika (koko reitti)</i>				<i>Työajat käsittelypisteissä</i>		<i>Ajat yhteensä</i>	
mistä	minne	Aika (s)	Matka (m)	Piste	Aika (s)		
Hissi K16	Naistentautien Leikkausosasto	198	357	Naistentautien leikkausosasto	203	matkat (s)	1201,00
Naistentautien Leikkausosasto	Synnytysosasto	54	98	Synnytysosasto	264	työt (s)	1375,00
Synnytysosasto	Jäteasema	315	567	Jäteasema	781		
Jäteasema	Naistentautien Leikkausosasto	325	585	Naistentautien leikkausosasto	43		
Naistentautien Leikkausosasto	Synnytysosasto	54	98	Synnytysosasto	43		
Synnytysosasto	Keskuspesula	188	338	Keskuspesula	41		
Keskuspesula	Hissi K16	67	121				
YHTEENSÄ: (s) (m)		1201	2164	Yhteensä: (s)	1375,00	(S):	2576,00
YHTEENSÄ: (min)		20,02		Yhteensä: (min)	22,92	(min):	42,93

LASTENKLINIKKA N-VAIHE							
<i>Matka ja siihen kulutettu aika (koko reitti)</i>				Työajat käsittelypisteissä		Ajat yhteensä	
mistä	minne	Aika (s)	Matka (m)	Piste	Aika (s)		
Hissi K16	Lastenpoliklinikka L13	248	446	Lasten poliklinikka L13	172,00	matkat (s)	948,00
Lastenpoliklinikka L13	Lastenpoliklinikka L10	32	57	Lasten poliklinikka L10	158,00	työt (s)	876,00
Lastenpoliklinikka L10	Jäteasema	407	732	Jäteasema	283,00		
Jäteasema	Keskuspesula	194	349	Keskuspesula	263,00		
Keskuspesula	Hissi K16	67	121				
YHTEENSÄ: (s) (m)		948,00	1705	Yhteensä: (s)	876,00	(S):	1824,00
YHTEENSÄ: (min)		15,80		Yhteensä: (min)	14,60	(min):	30,40

LASTENKLINIKKA S-VAIHE							
<i>Matka ja siihen kulutettu aika (koko reitti)</i>				Työajat käsittelypisteissä		Ajat yhteensä	
mistä	minne	Aika (s)	Matka (m)	Piste	Aika (s)		
Hissi K16	Osasto 55	298	537	Osasto 55	231	matkat (s)	984,00
Osasto 55	Jäteasema	425	765	Jäteasema	185	työt (s)	468,00
Jäteasema	Keskuspesula	194	349	Keskuspesula	52		
Keskuspesula	Hissi K16	67	121				
YHTEENSÄ: (s) (m)		984	1772	Yhteensä: (s)	468,00	(S):	1452,00
YHTEENSÄ: (min)		16,40		Yhteensä: (min)	7,80	(min):	24,20

YHTEISPÄIVYSTYS - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	366,20
Säkin keskipaino (kg)	3,42
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	25,65
Keskimääräisen massa (kg)/pv	87,79
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	614,50
keskimääräinen massa (kg)/kk	2 633,56
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	32 041,64

LASTENTAUTIERIKLINIKKA - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	203,20
Säkin keskipaino (kg)	3,39
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	18,42
Keskimääräisen massa (kg)/pv	62,37
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	436,60
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 871,13
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	22 765,46

SYNNYTYSOSASTO - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	230,80
Säkin keskipaino (kg)	3,55
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	15,75
Keskimääräisen massa (kg)/pv	55,92
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	391,47
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 677,74
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	20 412,48

OSASTO 55 - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	143,20
Säkin keskipaino (kg)	3,87
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	10,08
Keskimääräisen massa (kg)/pv	39,03
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	273,18
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 170,76
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	14 244,21

NAISTENTAUTIERIKLINIKKA - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	189,4
Säkin keskipaino (kg)	2,20
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	27,75
Keskimääräisen massa (kg)/pv	61,11
keskimääräinen massa (kg)/vko (5pv)	305,57
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 283,41
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	15 889,78

KAIKKI - P.JÄTE	
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	112,75
Keskimääräisen massa (kg)/pv	367,25
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	2 448,53
keskimääräinen massa (kg)/kk	10 467,52
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	127 629,80

OSASTO 3 - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	143,70
Säkin keskipaino (kg)	3,68
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	9,40
Keskimääräisen massa (kg)/pv	34,64
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	242,45
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 039,06
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	12 641,92

OSASTO 7 - P.JÄTE	
Mitattu paino yhteensä (kg)	120,40
Säkin keskipaino (kg)	4,63
Keskimääräisen säkkipainon (kg)/pv	5,70
Keskimääräisen massa (kg)/pv	26,40
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	184,77
keskimääräinen massa (kg)/kk	791,86
keskimääräinen massa (kg)/vuosi	9 634,32

YHTEISPÄIVYSTYS - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	575,2
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	57,52
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	2,50
Keskimääräinen massa (kg)/pv	143,80
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	1 006,60
keskimääräinen massa (kg)/kk	4 314,00
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	52 487,00

LASTENTAUTIEN POLIKLINIKKA - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	41,0
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	41,00
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	0,20
Keskimääräinen massa (kg)/pv	8,20
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	57,40
keskimääräinen massa (kg)/kk	246,00
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	2 993,00

SYNNYTYSOSASTO - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	233,2
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	77,73
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	0,75
Keskimääräinen massa (kg)/pv	58,30
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	408,10
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 749,00
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	21 279,50

OSASTO 55 - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	131,4
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	65,70
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	0,67
Keskimääräinen massa (kg)/pv	43,80
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	306,60
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 314,00
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	15 987,00

NAISTENTAUTIEN LEIKKAUSOSASTO - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	144,8
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	72,40
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	0,67
Keskimääräinen massa (kg)/pv	48,27
keskimääräinen massa (kg)/vko (5pv)	241,33
keskimääräinen massa (kg)/kk	1 013,60
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	12 549,33

KAIKKI - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	1727,8
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	#DIV/0!
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	7,03
Keskimääräinen massa (kg)/pv	463,17
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	3 242,17
keskimääräinen massa (kg)/kk	13 895,00
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	169 055,83

OSASTO 7 - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	291,4
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	72,85
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	1,00
Keskimääräinen massa (kg)/pv	72,85
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	509,95
keskimääräinen massa (kg)/kk	2 185,50
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	26 590,25

OSASTO 3 - LIKAPYYKKI	
Mitattu paino yht (kg)	351,8
Rullakon pyykin keskipaino (kg)	70,36
Keskimääräinen rullakkomäärä (kpl)/pv	1,25
Keskimääräinen massa (kg)/pv	87,95
keskimääräinen massa (kg)/vko (7pv)	615,65
keskimääräinen massa (kg)/kk	2 638,50
keskimääräinen massa (kg) /vuosi	32 101,75

YHTEISPAIVYSTYS JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
3,22	0,20	0,04	7,00	1,00	1,00	4,00	0,40	0,16	13,00	0,25	0,06
3,34	0,08	0,01	10,00	-2,00	4,00	3,00	1,40	1,96	13,00	0,25	0,06
3,50	-0,08	0,01	7,00	1,00	1,00	1,00	3,40	11,56	13,00	0,25	0,06
3,60	-0,18	0,03	8,00	0,00	0,00	6,00	-1,60	2,56	14,00	-0,75	0,56
3,56	-0,14	0,02				8,00	-3,60	12,96			
3,03	0,39	0,15									
3,76	-0,34	0,12									
3,06	0,36	0,13									
3,60	-0,18	0,03									
2,43	0,99	0,97									
3,90	-0,48	0,23									
3,56	-0,14	0,02									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
3,42		1,76	8,00		6,00	4,40		29,20	13,25		0,75
Standardpoikkeama=		0,38	Standardpoikkeama=		1,22	Standardpoikkeama=		2,70	Standardpoikkeama=		0,43

OSASTO 3 JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
5,67	-1,99	3,95	1,00	0,00	0,00	5,00	-0,60	0,36	3,00	1,00	1,00
4,66	-0,98	0,96				4,00	0,40	0,16	4,00	0,00	0,00
5,15	-1,47	2,16				1,00	3,40	11,56	4,00	0,00	0,00
2,44	1,24	1,54				5,00	-0,60	0,36	5,00	-1,00	1,00
3,27	0,41	0,17				7,00	-2,60	6,76			
3,35	0,33	0,11									
3,24	0,44	0,19									
2,60	1,08	1,17									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
3,68		10,25	1,00		0,00	4,40		19,20	4,00		2,00
Standardpoikkeama=		1,13	Standardpoikkeama=		0,00	Standardpoikkeama=		2,19	Standardpoikkeama=		0,71

OSASTO 7 JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
3,33	1,30	1,68				1,00	2,20	4,84	2,00	0,50	0,25
5,60	-0,97	0,94				3,00	0,20	0,04	3,00	-0,50	0,25
5,93	-1,30	1,70				4,00	-0,80	0,64	3,00	-0,50	0,25
4,40	0,23	0,05				4,00	-0,80	0,64	2,00	0,50	0,25
4,83	-0,20	0,04				4,00	-0,80	0,64			
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
4,63		4,41	1,00		0,00	3,20		6,80	2,50		1,00
Standardpoikkeama=		0,94	Standardpoikkeama=		#DIV/0!	Standardpoikkeama=		1,30	Standardpoikkeama=		0,50

NAISTENTAUTIEN LEIKKAUSOSASTO JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
1,97	0,23	0,05	3,00	0,00	0,00	6,00	1,75	3,06			
2,38	-0,18	0,03				7,00	0,75	0,56	15,00	2,00	4,00
1,26	0,94	0,88				12,00	-4,25	18,06	19,00	-2,00	4,00
2,34	-0,14	0,02				6,00	1,75	3,06	17,00	0,00	0,00
1,66	0,54	0,29									
2,40	-0,20	0,04									
2,20	0,00	0,00									
2,72	-0,52	0,27									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
2,20		1,59	3,00		0,00	7,75		24,75	17,00		8,00
Standardpoikkeama=		0,45	Standardpoikkeama=		0,00	Standardpoikkeama=		2,49	Standardpoikkeama=		1,63

SYNNYTYSOSASTO JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
2,88	0,67	0,45	6,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	6,00	1,75	3,06
4,60	-1,18	1,39	6,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	11,00	-3,25	10,56
3,52	-0,10	0,01	3,00	3,00	9,00	3,00	-1,00	1,00	8,00	-0,25	0,06
2,62	0,80	0,64	9,00	-3,00	9,00	1,00	1,00	1,00	6,00	1,75	3,06
3,20	0,22	0,05				3,00	-1,00	1,00			
3,68	-0,26	0,07									
5,00	-1,58	2,50									
4,40	-0,98	0,96									
4,00	-0,58	0,34									
3,68	-0,26	0,07									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
3,55		6,46	6,00		18,00	2,00		4,00	7,75		16,75
Standardpoikkeama=		0,80	Standardpoikkeama=		2,12	Standardpoikkeama=		1,00	Standardpoikkeama=		2,05

LASTENTAUTIEN POLIKLINIKKA JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
2,26	1,13	1,28	7,00	-2,25	5,06				16,00	-2,33	5,43
3,02	0,37	0,14	5,00	-0,25	0,06				12,00	1,67	2,79
2,30	1,09	1,19	6,00	-1,25	1,56				13,00	0,67	0,45
4,06	-0,67	0,45	1,00	3,75	14,06						
4,53	-1,14	1,31									
3,82	-0,43	0,18									
3,87	-0,48	0,23									
3,33	0,07	0,00									
3,60	-0,21	0,04									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
3,39		4,82	4,75		20,75				13,67		8,67
Standardpoikkeama=		0,73	Standardpoikkeama=		2,28	Standardpoikkeama=			Standardpoikkeama=		1,70

OSASTO 55 JÄTE											
Massat			Määrät - Aamu			Määrät - Päivä			Määrät - Ilta		
Paino	Ero keskipainosta	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta	Määrä (kpl)	Ero keskimäärästä	neliöjuuri erosta
3,60	0,27	0,07	6,00	-0,25	0,06				4,00	0,33	0,11
4,14	-0,27	0,07	6,00	-0,25	0,06				5,00	-0,67	0,45
3,84	0,03	0,00	6,00	-0,25	0,06				4,00	0,33	0,11
3,20	0,67	0,45	5,00	0,75	0,56						
3,86	0,01	0,00									
Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:			Keskiarvo:		
3,87		0,60	5,75		0,75				4,33		0,67
Standardpoikkeama=		0,35	Standardpoikkeama=		0,43	Standardpoikkeama=			Standardpoikkeama=		0,47

Standardpoikkeaman kaava:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

missä,

σ = standardpoikkeama

N = havaintojen lukumäärä

μ = havaintojen keskiarvo

x_i = havainnon arvo

LASTAUS- JA PURKUAJAT KIRRRAN KESKI -VAIHE																							
YHTEISPÄIVYSTYS - JÄTE Lastausaika			OSASTO 3 JA 7 - JÄTE Lastausaika			BUFFERIT Lastausaika			JÄTEASEMA - JÄTE Purkuaika			KESKUSPESULA - PYYKKI Purkuaika			YHTEISPÄIVYSTYS - PYYKKI Lastausaika			OSASTO 3 JA 7 - PYYKKI Lastausaika					
Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta			
512	-137	18769,00	242	110	12100,00	150	-34	8836,00	536	-271	73441,00	180	-77	5329,00	29	#REF!	144,00	38	#REF!	324,00			
134	241	58081,00	462	-110	12100,00	40	16	256,00	190	135	18225,00	44	59	3481,00	37	#REF!	16,00	111	#REF!	961,00			
288	87	7569,00	357	-05	25,00	62	-06	36,00	231	94	8836,00	35	68	4624,00	57	#REF!	256,00	29	#REF!	2601,00			
141	234	54756,00	98	254	3604,00	60	-04	16,00	185	140	19600,00	41	62	3844,00				84	#REF!	16,00			
186	189	35721,00	868	-516	753424,00	59	-03	9,00	272	53	2809,00	52	51	2601,00									
107	268	71824,00	251	101	10201,00	143	-87	7569,00	451	-126	15876,00	263	-161	25921,00									
472	-97	9409,00	346	06	36,00	24	32	1024,00	464	-139	19321,00												
			84	268	71824,00	31	25	625,00	267	58	3364,00												
			741	-389	151321,00	11	45	2025,00	242	83	6889,00												
			312	40	1600,00	20	36	1296,00	195	130	1600,00												
			111	241	58081,00	12	44	1936,00	458	-133	17689,00												
									656	-331	109561,00												
									139	126	15876,00												
375		256129,00	352		1080316,00	56		23628,00	98	227	51529,00	103		46400,00	41		416,00	80		3902,00			
Standardpoikkeama =		191,28	Standardpoikkeama =		313,39	Standardpoikkeama =		46,35	227	98	9604,00	Standardpoikkeama =		87,34	Standardpoikkeama =		11,78	Standardpoikkeama =		31,23			
									470	-145	21025,00												
									325		395245,00												
									Standardpoikkeama =		181,49												

LASTAUS- JA PURKUAJAT N -VAIHE																							
NAISTENTAUTIEN LEIKKAUSSALI - JÄTE Lastausaika			SYNNYTYÖSASTO - JÄTE Lastausaika			BUFFERIT Ajat			JÄTEASEMA - JÄTE Purkuaika			KESKUSPESULA - PYYKKI Purkuaika			NAISTENTAUTIEN LEIKKAUSSALI - PYYKKI Lastausaika			SYNNYTYÖSASTO - PYYKKI Lastausaika					
Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskijasta	neliöjuuri erosta			
87	116	13456,00	450	-186	34536,00	20	-04	16,00	621	159	25281,00	180	-77	5329,00	87	116	13456,00	450	-186	34536,00			
423	-220	48400,00	120	144	20736,00	12	04	16,00	340	-160	25600,00	44	59	3481,00	423	-220	48400,00	120	144	20736,00			
99	104	10816,00	77	187	34969,00							35	68	4624,00	99	104	10816,00	77	187	34969,00			
			436	-172	29584,00							41	62	3844,00				436	-172	29584,00			
			100	164	26896,00							52	51	2601,00				100	164	26896,00			
												263	-161	25921,00									
203		72672,00	264		146781,00	16		32,00	780		50881,00	103		46400,00	203		72672,00	264		146781,00			
Standardpoikkeama =		155,64	Standardpoikkeama =		171,34	Standardpoikkeama =		4,00	Standardpoikkeama =		153,50	Standardpoikkeama =		87,34	Standardpoikkeama =		155,64	Standardpoikkeama =		171,34			

LASTAUS- JA PURKUAJAT S-VAIHE LASTENKLINIKKA											
OSASTO 55 Lastausaika			BUFFERIT Lastausaika			JÄTEASEMA - JÄTE Purkuaika			KESKUSPESULA - PYYKKI Purkuaika		
Aika	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta
240	-09	81,00	150	-94	7396,00	149	36	1296,00	180	-77	5929,00
274	-43	1849,00	40	16	576,00	201	-16	256,00	44	59	3481,00
157	74	5476,00	62	-06	4,00	204	-19	361,00	35	68	4624,00
212	19	361,00	60	-04	16,00				41	62	3844,00
270	-39	1521,00	59	-03	25,00				52	51	2601,00
			143	-87	6241,00				263	-161	25921,00
			24	32	1600,00						
			31	25	1089,00						
			11	45	2809,00						
231		9288,00	64		19756,00	185		1913,00	103		46400,00
Standardipoikkeama =		43,10	Standardipoikkeama =		46,85	Standardipoikkeama =		25,25	Standardipoikkeama =		87,94

LASTAUS- JA PURKUAJAT N-VAIHE LASTENKLINIKKA											
LASTENPOLI 1 Lastausaika			LASTENPOLI 2 Lastausaika			BUFFERIT Lastausaika			JÄTEASEMA - JÄTE Purkuaika		
Aika	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika (s)	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta	Aika	Ero keskiajasta	neliöjuuri erosta
146	26	676,00	90	68	4624,00	150	-94	7396,00	274	09	81,00
197	-25	625,00	225	-67	4489,00	40	16	576,00	292	-09	81,00
						62	-06	4,00			
						60	-04	16,00			
						59	-03	25,00			
						143	-87	6241,00			
						24	32	1600,00			
						31	25	1089,00			
						11	45	2809,00			
172		1301,00	158		9113,00	64		19756,00	283		162,00
Standardipoikkeama =		25,50	Standardipoikkeama =		67,50	Standardipoikkeama =		46,85	Standardipoikkeama =		9,00
									Standardipoikkeama =		87,94

Observation period :	31536000
Warmup period :	2
Number of observations :	100
Simulation method :	Separate runs

	Simulointiajon tulokset				Nykytilan selvityksen tulokset	Tulosten vastaavuus	
	Average	St.Deviation	Minimum	Maximum	Massan keskiarvo	Erotus prosentti	Erotuksen keskiarvo
Jättemassa (kg) Yhteispäivystys	32087,09	194,72	31445,12	32760,64	32 041,64	0,14 %	0,10 %
Jättemassa (kg) Synnytysosasto	20420,59	237,25	19903,07	21111,67	20 412,48	0,04 %	
Jättemassa (kg) Naistentautien leikkausosasto	15941,19	111,86	15677,34	16162,22	15 889,78	0,32 %	
Jättemassa (kg) Osasto 3	12633,05	164,28	12269,65	12951,96	12 641,92	0,07 %	
Jättemassa (kg) Osasto 7	9633,59	162,05	9346,78	10041,14	9 634,32	0,01 %	
Jättemassa (kg) Lastentautien poliklinikka	22809,05	213,95	22184,87	23282,56	22 765,46	0,19 %	
Jättemassa (kg) Osasto 55	14244,79	62,6	14085,74	14398,41	14 244,21	0,00 %	
Jättemassa (kg) Kaikki osastot yhteensä	127569,32	468,87	126315,77	128657,31	127 629,80	0,05 %	
Pyykkimassa (kg) Yhteispäivystys	52438,98	3667,79	44784,86	63952,03	52 487,00	0,09 %	11,99 %
Pyykkimassa (kg) Synnytysosasto	19604,94	1714,09	14472,44	25616,43	21 279,00	7,87 %	
Pyykkimassa (kg) Naistentautien leikkausosasto	11557,18	1370,89	8110,07	15224,96	12 549,00	7,90 %	
Pyykkimassa (kg) Osasto 3	31454,42	2592,4	26233,69	37470,28	32 101,00	2,01 %	
Pyykkimassa (kg) Osasto 7	25742,05	2133,4	20003,92	31021,37	26 590,00	3,19 %	
Pyykkimassa (kg) Lastentautien poliklinikka	1204,65	313,11	634,38	2165,58	2 993,00	59,75 %	
Pyykkimassa (kg) Osasto 55	14759,11	1382,59	11239,55	18345,08	15 987,00	7,68 %	
Pyykkimassa (kg) Kaikki osastot yhteensä	156528,14	5075,66	146469,4	173081,22	169 055,00	7,41 %	